



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap
Område Landskapsutveckling

Ombyggnad av Norges äldsta golfbana

-En studie av tillämpad teori och praktik

Conversion of Norway's oldest golf course

-A study of applied theory and practice

Christoffer Jönsson
Landskapsingenjörsprogrammet
SLU, Alnarp



Oslo Golfklubb

Ombyggnad av Norges äldsta golfbana

-En studie av tillämpad teori och praktik

Conversion of Norway's oldest golf course

-A study of applied theory and practice

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Författare: Christoffer Jönsson

Handledare: Kent Fridell, SLU, område landskapsutveckling

Examinator: Kaj Rolf, SLU, område landskapsutveckling

Omfattning: 10hp

Nivå: B

Kurstitel: Examensarbete för landskapsingenjörer

Kurskod: EX0199

Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Ämne: Teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och -år: Januari -2011

Omslagsbild: Oslo Golfklubb

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Golf, ombyggnad, *dränering, ytvatten, infiltration, växtbäddsmaterial, greenuppbyggnad.*

Förord

Detta examensarbete har byggts upp fortlöpande under Oslo golfklubbs renovering av spelytor, med en tyngdpunkt av materialinsamling och intervjuer under 2007/2008, och en sammanställning av detta material under 2009. Materialinsamlingen har involverat diskussioner med ett flertal personer med en gedigen kunskap och mångårig erfarenhet i branschen, och som även gett stöd och rekommendationer fortlöpande under sammanställning och redovisning av arbetet. Ett stort tack till er alla!

Christoffer Jönsson

Oslo, den 15 november, 2009.

Sammanfattning

Syftet med detta arbete har varit att följa och dokumentera en komplett ombyggnad av en befintlig golfbana med omfattande dräneringsproblem. Dessa problem har med tiden resulterat i förkortad spelsäsong och försämrad spelupplevelse för golfklubbens medlemmar. Arbetet med ombyggnaden skulle följas på plats under perioden 2007-2009, då ombyggnaden föregick, med en parallell litteraturstudie som behandlade tillämpade metoder och tekniker.

Litteraturstudien relaterar till hur erkända och väl beprövade rekommendationer från United States Golf Association (USGA) skall tillämpas vid denna typ uppbyggnad av spelytor.

Rekommendationerna går att tillämpas på olika sätt under olika förhållanden, vilket även Svenska Golfförbundets (SGF) anpassning av dessa riktlinjer påvisar. SGF:s rekommendationer bygger dock i grunden på USGA:s rekommendationer. Orsaker till dessa olika sätt att tillämpa golfbranschens erkända rekommendationer för konstruktion av spelytor kan vara klimat, lokalisering, tidskrav för ombyggnad, ekonomiska, med mera.

Ombyggnaden av Oslo golfklubbs bana har till stor del följt USGA:s rekommendationer vid konstruktion av spelytor. De delar som avvikit ifrån USGA:s generella riktlinjer motiveras främst av problem relaterade till det rådande klimatet. Utöver standardiserade traditionella tekniker och metoder för en snabb och effektiv dränering av spelytor, har golfklubben valt att introducera ett flertal tekniker som tidigare inte varit tillämpade i någon större utsträckning på golfbanor i Skandinavien.

Min konklusion är att arbetet på Oslo golfklubb har krävt ett antal anpassningar av riktlinjerna på grund av sin speciella geografi- och klimatsituation, samt de krav som golfklubbens medlemmar ställt. Ombyggnadsarbetet har projekterats och utförts av en sammanställd grupp personer som har en lång erfarenhet och insyn i branschen. Detta har varit en avgörande faktor för att kunna skapa en modern och väl fungerande golfanläggning, genom att kombinera nya tekniker och metoder med den väl beprövade tekniken som dagens branschnormer utgör.

Innehållsförteckning:

Förord

Sammanfattning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar.....	2
2. Metod och material	2
3. Litteraturstudie	3
3.1 Amerikanska golfförbundets (USGA:s) rekommendationer för konstruktion av greener	3
3.1.1 USGA:s informationsbas	3
3.1.2 Placering och utformning av greenyta enligt USGA:s rekommendationer	3
3.1.3 Konstruktion av greener enligt USGA:s rekommendationer	4
3.1.4 Uppbyggnad av dräneringssystem för greenyta enligt USGA:s rekommendationer	5
3.1.5 Teknisk livslängd för greener konstruerad enligt USGA:s rekommendationer.....	6
3.2 Växtbäddsmaterialets dräneringsförmåga	6
3.3 SubAir-system	7
3.4 Fairwaydränering.....	8
3.5 Sandbaserade växtbäddar på fairwayområden.....	9
3.6 Ytvattendränering av fairwayområden	9
3.7 Dränering av bunkrar (sandfyllda hinder)	10
3.8 Växtbäddsmaterial för konstruktion av spelytor.....	10
3.8.1 Val av konstruktionsmaterial	10
3.8.2 Framställning av växtbäddsmaterial	11
3.8.3 Kornstorleksfördelning på greensand	11
3.8.4 Genomsläpplighet	12
3.8.5 Rekommendationer för symmetri i kornstorleksfördelning.....	12
3.8.6 Partikelutseende	12
3.8.7 Sammansättning	13
3.8.8 Rekommenderade fysikaliska egenskaper för växtbäddsmaterial	13
3.9 Dräneringsgrus.....	14
3.9.1 Rekommendationer för kornstorleksfördelning av dräneringsgrus.....	14
4. Fallstudie av ombyggnaden på OGK:s bana	16
4.1 Problembeskrivning.....	16
4.2 OGK:s målsättning	17
4.3 OGK 1975-2007	17
4.4 Projektplanläggning.....	18
4.5 Spelfrekvens	18
4.6 Klimat	18
4.7 Övervintringsskador	19
4.8 Avvattningssituation före ombyggnaden.....	20
4.8.1 Dimensionering av nytt dräneringssystem.....	20
4.8.2 Befintlig dränering	20
4.8.3 Befintligt växtbäddsmaterial före ombyggnaden.....	21
4.8.4 Analys av befintligt växtbäddsmaterial.....	22

4.9 Uppbyggnad av greener	23
4.9.1 Dränering av green	23
4.9.2 Konstruktion av SubAir-system	24
4.9.3 Leverantörer av växtbädds- och dräneringsmaterial	26
4.9.4 Specifikation av växtbäddsmaterial använd vid konstruktion av OGK:s greenytor	26
4.10 Konstruktion av fairwayområden	27
4.10.1 Grundvattendränering	29
4.10.2 Växtbäddsdränering	30
4.10.3 Konstruktion av växtbädd på fairwayområden	31
4.10.4 Växtbäddsmaterial vid konstruktion av OGK:s fairwayområden	31
4.11 Konstruktion av bunkrar	32
4.12 Konstruktion av tees	33
4.13 Dränering av ruffområden	33
5. Resultat	34
6. Diskussion	35
7. Slutsats	37
8. Referenser	39
Bilaga 1. Greendränering/SubAir-system	42
Bilaga 2. Greenprofil/Dual Valves	43
Bilaga 3. Fairwaydränering	44
Bilaga 4. Ytvattenbrunn	45
Bilaga 5. Bunkerdränering	46
Bilaga 6. Grundvattensdränering, OGK	47
Bilaga 7. Infiltrationsdränering, OGK	48

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Oslo golfklubbs (OGK:s) bana, anlagd 1924, är Norges äldsta golfbana och är nu 86 år gammal. Efter en lång tids överväganden och diskussioner inom klubben togs april 2007 ett beslut vid klubbens årsmöte att uppgradera och bygga om samtliga 18 hål, då det ansågs att banan var i stort behov att totalrenoveras. Behovet och viljan till att bygga om hade funnits inom klubben under flera år, men blev först högaktuell i samband med planer om att ansöka för att få arrangera Solheim Cup 2011.

Detta arbete, som sammanfattar ombyggnaden av Oslo Golfklubbs (OGK:s) bana, är en produkt av mina studier till landskapsingenjör, samt mina arbetslivserfarenheter ifrån OGK. Erfarenheterna ifrån OGK härstammar ifrån ett flerårigt samarbete, både före och efter ombyggnad/renovering av golfbanan.

Arbetet behandlar ett nuförtiden högaktuellt ämne i golfbanebranschen. Förutsättningarna kan jämföras med ett stort antal banor i Sverige som anlagts under 80 och 90-talet på tidigare bearbetad jordbruksmark, med dåliga eller bristfälliga dränerande egenskaper.

Förutsättningarna för ombyggnaden av OGK:s bana har varit att skapa goda spelförhållanden på ett område som lider av mycket bristfälliga växtförhållanden, då det tidigare varit jordbruksområde, och som dessutom har ett problematiskt klimat.

Inledande litteraturstudie behandlar olika avvattnings tekniker och konstruktionsmaterial, som främst baseras på rekommendationer från Amerikanska golfförbundet (United States Golf Association, USGA), då detta varit en tillämpad byggnorm för merparten av utförda arbeten vid OGK.

Arbetets fallstudie sammanfattar bidragande faktorer till befintliga mark- och dräneringsförhållanden, jordmån, klimat, stress/slitage. Dessa sammanfattningar baseras till stor del på intervjuer med OGK:s headgreenkeeper, och markanalyser/utredningar som tillhandahållits av OGK. Nya installationer och konstruktioner som redovisas i arbetet baseras på intervjuer med beställare (OGK), entreprenör (Martin Sternberg Golf AB) och aktuella teknikproducenters/leverantörers information.

Mitt resultat av litteratur och fallstudierna, är en sammanställning av hur nya, erkända och väl beprövade tekniker och kunskaper tillämpats under konstruktionen/renoveringen av en redan välrenommerad bana, som förväntas leverera en avsevärt förbättrad golfupplevelse än tidigare, och under en längre period än tidigare.

1.2 Syfte

Min målsättning med detta examensarbete är att belysa och behandla de tekniska utmaningar som föreligger vid en totalrenovering av en golfbana med ogynnsamma klimat- och markfysiska förhållanden, samt en mycket stor belastning i form av slitage. Jag vill även beskriva de förhållanden som finns på området för Norges äldsta golfbana, och vilka krav till anpassning dessa ställer. Examensarbetet riktar sig främst till landskapsingenjörsstudenter som fördjupat sig kring studier i konstruktion av spelytor på golfbanor.

Jag vill i arbetet först presentera en litteraturgenomgång av olika metoder, tekniker och material som används för konstruktion och ombyggnad av golfbanor. Därefter vill jag beskriva ombyggnaden av OGK:s bana, med en analys av genomförande och resultat, samt sammanställa erfarenheter vid förbättringar av spelytorna.

I arbetet vill jag särskilt försöka att belysa följande frågeställningar:

- Vilken typ av uppbyggnadsmaterial är enligt litteratur lämpliga vid denna typ av konstruktioner?
- Vilka konstruktionslösningar och konstruktionsmetoder har tillämpats vid renoveringen av OGK?
- Hur kan tekniska lösningar och optimal konstruktionsmaterial förlänga en spelsäsong med goda förhållanden och hindra att anläggningen måste stänga på grund av spelytor med ytvatten?

1.3 Avgränsningar

Litteraturstudien avgränsar sig till att beskriva de tekniska rekommendationer som finns för greenuppbyggnad. Fallstudien av OGK är något bredare, då ombyggnaden av banan som helhet varit omfattande. Den är ändå avgränsad enbart till själva banans konstruktion, med fokus främst på dränering och växtbäddsmaterial. Fallstudien innefattar inte hur ombyggnaderna påverkar banan rent speltekniskt. Typer av gräs som använts vid nyetablering av spelytorna omnämns, men behandlas inte. Valet har dock en viss betydelse för typ av uppbyggnad. Beskrivningen av SubAir-systemet, ett fläktsystem som använts för dränering av greenerna, är starkt begränsad. Detta beror på det faktum att det per dags datum inte genomförts några ingående oberoende akademiska studier angående dess verkan eller resultat vid användning i samband med dränering av växtbäddar i greenytor. Vissa studier har dock genomförts av det brittiska institutet Sports Turf Research Institute i Bingley, Storbritannien. Dessa studier har skett på uppdrag av SubAir, och är enligt S. Baker (pers. medd., 2009), ej tillgängliga för allmänheten. Anledningen till detta är okänd.

2. Metod och material

Examensarbetet är uppdelat i två delar, en första del med litteraturstudie och en andra del med en fallstudie av banombyggnaden vid OGK. Min inledande litteraturstudie i detta examensarbete behandlar vilken typ av uppbyggnadsmaterial och vilka konstruktionslösningar som är lämpliga vid denna typ av ombyggnadsprojekt. Dessutom vill jag försöka belysa vilka byggstandarder som används i branschen och hur dessa tillämpas i praktiken.

Litteratur och material som använts för att sammanställa arbetet har valts ut genom rekommendationer av parter som varit involverad vid ombyggnaden av OGK:s bana. Dessa omfattar Amerikanska golfförbundet (United States Golf Association, USGA), Svenska golfförbundet (SGF), Sports Turf Research Institute (STRI), Oslo golfklubb (OGK) och Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Sökning av material angående dränering och anpassat växtbäddsmaterial för golfbanor har även skett i SLU:s bibliotek, i USGA:s tidning "Green Section Record" och genom SGF:s banservice för rådgivning och utbildning inom banskötsel.

Vad angår fallstudien, har muntliga intervjuer i första hand skett med personer som varit direkt involverade i planering och utförande av det dagliga underhållet. Dessa omfattar headgreenkeeper vid OGK och representanter från entreprenören Martin Sternberg Golf AB (MS Golf). Skriftlig information om jordprover, markanalyser, kartor och övrig dokumentering har även utväxlats vid dessa intervjuer.

Författaren har personlig fortlöpande dokumenterad ombyggnaden. Denna dokumentering i text och bild har i första hand som syfte att åskådliggöra hur olika tekniska lösningar tillämpats till de givna förhåll vid OGK:s bana. Genom denna dokumentering har jag även försökt att åskådliggöra vad som låg till grund för att dessa kostsamma och tidkrävande förändringar var nödiga.

Jag har slutligen försökt att dra paralleller mellan litteraturstudierna och fallstudien kring ombyggnaden/renoveringen vid OGK.

3. Litteraturstudie

3.1 Amerikanska golfförbundets (USGA:s) rekommendationer för konstruktion av greener

I över 40 år har Amerikanska golfförbundets (USGA:s) rekommendationer för konstruktion av golfgreener varit de mest tillämpade rekommendationerna i USA och stora delar av världen. Vid korrekt konstruktion och underhåll har greener som konstruerats enligt USGA:s rekommendationer visat sig leverera goda resultat under en lång tid. Dessa rekommendationer revideras kontinuerligt som ett resultat av fortlöpande undersökningar och produktutveckling. USGA har även ett stort antal kompletteringar till generella rekommendationer som behandlar konstruktionsmetoder, tips för lyckad konstruktion och framtida underhåll (USGA, 2004).

3.1.1 USGA:s informationsbas

Amerikanska golfförbundet (USGA) är en gemensam organisation för golfbranschen i USA. Organisationen grundades 1894 med syfte att fastsätta regler, organisera nationella mästerskap och etablera handikappsystem för den nordamerikanska regionen. USGA:s verksamhet expanderade under åren. 1920 etablerades informationstjänsten "The USGA Green Section" för att kunna bistå med en opartisk agronomisk konsultation till golfbanor, samt för att utveckla vetenskapligt baserad information relaterad till utformning av golfytor. Sedan 1953 finns även en underavdelning utav denna sektion kallad Turf Advisory Service (USGA:s rådgivningstjänst, förkortad TAS), där 17 agronomer årligen utför mer än 1800 utvärderingar av golfbanor i USA, med inriktning på konstruktion och underhåll. Senaste revidering av USGA:s rekommendationer publicerades 2004 (USGA, 2004).

USGA:s rekommendationer tillämpas vid de allra flesta greenkonstruktioner idag. Även Svenska golfförbundets rekommendationer för konstruktioner av green är en tillämpning av dessa teorier.

3.1.2 Placering och utformning av greenyta enligt USGA:s rekommendationer

En god greenkonstruktion kräver en kombination av estetik, vetenskap och bra utförande. En ombyggnad av greenområden är en av de största utmaningarna man kan möta i arbetet på en golfbana, men även ett unikt tillfälle att korrigera bland annat svårigheter vid markförhållanden och tekniska lösningar, ojämna spelförhållanden och begränsningar i möjliga flaggplaceringar på greenerna. Det är även ett tillfälle att "förädla" banan vid att så in nya sorters gräs, något som kan skapa attraktivare spelförhållanden. För att undvika onödiga och dyra misstag rekommenderas att uppdragsgivare, arkitekt, entreprenör och leverantörer av material utarbetar detaljerade riktlinjer och kvalitetssäkringssystem som sörjer för att dessa riktlinjer följs upp under arbetet. De kostnader som ett kvalificerat arkitektarbete innebär betalar sig i det långa loppet. Ett långsiktigt och nära arbete med arkitekten säkerställer engagemang både under planerings- och anläggningsfasen, och även viss förbättringar och förändringar skall vidtagas efter att konstruktionen står färdig (SGF, 1992).

Viktiga frågor enligt Moore (2004), som bör ställas i betraktning angående placering av green är till exempel:

- Är platsen utsatt för ytvatten ifrån närliggande områden?
- Kommer ytan att tåla slitaget ifrån förväntat framtida bruk?
- Förväntas platsen att få tillräckligt med luftflöde över greenytan, eller är den för nedsänkt/instängd?
- Är platsen lämplig med hänsyn till mängden solljus?

Optimal ytavrinning och luftcirkulation i greenområdet eftersträvas lämpligen genom att det placeras något högre än den omgivande terrängen. Detta förhindrar även ytvatten att rinna in på green och foregreenområde. Går en förhöjning av greenområdet inte att uppnå, måste terrängen utformas för att förhindra ansamling av ytvatten (SGF, 2003).

Förutom topografin och dräneringskraven måste en lång rad faktorer vägas in vid designen av greenområden. Dessa omfattar bland annat inspelets längd, väderstreck, solläge och säkerhetsförhållande.

Greenerna bör vara tillräckligt stora dels för att de skall tåla den hårda belastning de utsätts för, dels för att kunna erbjuda flera flaggplaceringsmöjligheter. De skall ha en area på minst 450 m² och tillåta 6-10 olika flaggplaceringar (SGF, 2003). Varierade flaggplaceringsmöjligheter kan bland annat åstadkommas genom att greenytan onduleras, dock inte till överdrift. Greenerna bör emellertid inte vara så stora att närspellet reduceras påtagligt (SGF, 1999).

3.1.3 Konstruktion av greener enligt USGA:s rekommendationer

Precis som med fundamentet till vilken konstruktion som helst är grunderna till en green kritiska för slutresultatet. Extra insats och noggrannhet vid grundarbetena försäkrar att de kommande stegen av konstruktionen blir vällyckade.

I många fall är utformningen av marken det steg i konstruktionsprocessen som kan vara svårast att genomföra på ett effektivt sätt. När greener renoveras eller byggs om på samma position kan vattenmättade massor vara ett problem. Dessa massor utgör ett svårbehandlat material, och måste grävas upp och spridas ut för att kunna torka upp. Det kan vara en tidskrävande utmaning att få ytan jämn med en lämplig lutning.

Innan grunden till greenen kan börja utformas måste all organisk jord/matjord schaktas bort för att det under greenen endast skall finnas ren mineraljord. Detta är viktigt för att undvika framtida sättningar. En duk av skiljematerialet geotextil kan användas för att stabilisera terrassbotten (SGF, 2003).

Utformningen av terrassbotten skall anpassas så att dess lutning motsvarar lutningen på den färdiga ytan. Alla variationer i fundamentets lutning kontra planerad färdig yta måste korrigeras vid hjälp av ett lager av dräneringsgrus, som läggs över terrassbotten. Dessa korrekationer förändrar inte nämnvärt greenens karaktär eller egenskaper om lagret av drängrus inte understiger 100 mm tjocklek (Moore, 2002).

Greenens yta skall utformas så att huvuddräneringsröret får en konsekvent lutning på minst 0,5 %. Terrassbotten skall etableras ca 400 mm under förväntad färdig yta. Grundmaterialet i terrassen skall noggrant kompakteras för varje 30-50 cm som läggs ut, före ett eventuellt materialskiljande lager och dräneringsgrus läggs ut. Detta är en kritisk faktor för att uppnå en långsiktigt stabil yta och för att förhindra framtida sättningar och höjdskillnader i greenen. Vattensamlade svackor måste undvikas vid utformning av terrassbotten. Om det finns svårdränerade jordmassor i terrassen kan ett materialskiljande lager användas, exempelvis en plast- eller geotextilduk, som skall fungera som en barriär mellan terrass och dräneringsgruslager. Denna duk bidrar till att förhindra dräneringsgruset blandas sig med terrassmaterialet (USGA, 2004).

Vanligen fästs duken på pålar runt om greenen, som stöttar upp den i kanterna. Duken bör appliceras så att den når ca 10 cm högre än färdig greenhöjd. Den sparas som en separator mellan greenens växtbädd och området utanför green tills dess att greenen skall klippas för första gång, då den försiktigt skärs av direkt under markytan (Moore, 2002).

Vid konstruktionen av greenens ytligaste lager – kallad växtbädden, skall det enligt SGF:s rekommendationer läggas ett 35 cm tjockt lager med växtbäddsmaterial anpassad för greenkonstruktion. Detta görs för att erhålla ett djup på 30 cm färdigpackad växtbädd. Detta växtbäddsmaterial, som utgörs av sand som tillfredsställer särskilda specifikationer (se 3.8 Växtbäddsmaterial för konstruktion av spelytor), bör läggas ut med största försiktighet för att förhindra

skador på underliggande dräneringssystem. Packning av växtbäddsmaterialet skall lämpligen ske med hjälp av vibratorplatta eller liknande, för att undvika sättningar och ojämnheter i greenytan (SGF, 2003). För att förebygga en förflyttning av sandpartiklar ned i underliggande dräneringsgrus skall växtbäddsmaterialet appliceras fuktigt. Ett fuktigt växtbäddsmaterial är även fördelaktigt vid senare kompaktering (USGA, 2004).

3.1.4 Uppbyggnad av dräneringssystem för greenyta enligt USGA:s rekommendationer

Ett underjordiskt dräneringssystem krävs för att tillfredsställa USGA:s rekommendationer. Som nämnt skall terrassbotten utformas så att huvuddräneringsröret får en lutning på minst 0,5 %. Dräneringsrör skall läggas med huvudledningen längs terrassbottens största lutning. Förgreningarna ifrån huvudledningen skall placeras i en vinkel där de går på tvärs av denna lutning, och med ett naturligt fall in till huvudledningen. Förgreningarna skall inte placeras med ett avstånd överstigande 5 m, och skall sträcka sig ända ut till greenkant. Om det uppstått svackor i botten skall dessa försees med förgreningar av dräneringsrör.

Vid den lägsta punkten av dräneringen, alltså där dräneringsvattnet rinner ut ifrån greenen, bör ett dräneringsrör placeras längs med greenkant upp till första förgrening från huvudledningen. Detta görs för att förhindra vattenansamlingar i greenens lägre punkter. I de fall där PVC-dräneringsrör används skall dessa placeras med slitsar/perforeringar riktade nedåt (se 3.4 Fairwaydränering) (USGA, 2004).

Som alternativ till traditionella runda rör, kan rektangulära dräneringsrör (se figur 1 nedan och figur 12) som även kallas "flatpipes" placeras direkt på underliggande material, förutsatt att de överstiger 300 mm bredd och inte är övertäckta med någon form för geotextil. Vid utformningen av rören används den amerikanska standarden ASTM 7001, som utvecklats av institutet ASTM (American Society for Testing and Materials). Rektangulära rör skall fästas till underliggande material med klamrar, alternativt hållas på plats under anläggning för att förebygga förflyttning under konstruktion. Rektangulära rör kan också monteras i kombination med runda rör (USGA, 2004).



Figur 1. Närbild av rektangulära rör. Foto: C. Jönsson (2009-11-05).

Rektangulära rör har alltid ett försämrat flöde i jämförelse med runda rör på grund av dess utformning. Detta beror på att det uppstår en betydligt högre friktion utmed den flata botten, som kan leda till en förlorad flödeskapacitet med upp till 40 %. Rektangulära rör tillverkas och appliceras under ett flertal olika omständigheter och detta leder till att olika typer och fabrikat av rektangulära rör har stora skillnader i egenskaper och tillämpningsförfarande (McIntyre och Jakobsen, 2000).

Enligt McIntyre och Jakobsen (2000) fyller spolpunkter i dräneringssystem ingen långsiktig funktion, då ett dräneringssystem som anlagts korrekt inte skall tillåta nämnvärdig flykt av partiklar från växtbädden och ned i systemet. I de fall där partikelflykt leder till en igentäppt dränering beror detta sannolikt på att dräneringssystemet installerats inkorrekt. Detta betyder att systemet på lång sikt troligen måste genomgå en fullständig rekonstruktion.

3.1.5 Teknisk livslängd för greener konstruerad enligt USGA:s rekommendationer

Förväntad livslängd på en korrekt uppbyggd green enligt USGA:s rekommendationer är svårt att förutspå. Detta beror på ett flertal faktorer, såsom hur god kvalitet konstruktionsmaterial har hållit vid anläggning, vilken typ av konstruktionsmetod som tillämpats, men även på användarnas behov och hur det styr krav på storlek och utformning av green. En green som anlagts i enlighet med USGA:s rekommendationer skall kunna ha en obegränsad teknisk livslängd, förutsatt att den underhålls korrekt. Det finns exempel på greener som byggts upp med rekommendationer motsvarande dagens för 40 år sedan, som är välfungerande idag, i motsats till en felaktigt konstruerad green som troligtvis fallerar inom några år. Detta sker då oftast på grund av undermåliga dränerande egenskaper. Det finns även exempel på golfbanor som rekonstruerar sina greener vart 10-15 år, för att hålla sig konkurrenskraftiga med andra närliggande banor, och upprätthålla modern design med tidsenliga speltekniska förhållanden. En generell riktlinje anses dock vara att en green kan förväntas att hålla god standard under minst 20-25 år (USGA, 2009).

På lång sikt kan silt- och lerpartiklar från bl.a. toppdressning (tillförsel av sand till växtbäddens ytskikt), blåst och i vissa fall upplöst material som kommer via bevattningssystem föra till att det byggs upp ett lager av organiskt material i det översta skiktet av växtbädden. Detta kan då skapa en försämrad infiltrationsförmåga, men även skiktningar med anaeroba förhållanden kan uppstå. Dessa kan i sin tur leda till ett dåligt utvecklat rotsystem hos gräset eller uppväxt av alger. Våta fläckar kan också uppstå, då det organiska materialet har en ökad vattenhållande förmåga. Rent spelmässigt resulterar detta i en mjuk och ojämn spelyta. Dessa problem är i huvudsak lokaliserat till de översta 100 mm av greenprofilen. Är greenen ursprungligen konstruerad enligt USGA:s rekommendationer och underhållen på korrekt sätt, skall det inte vara något problem att ersätta enbart detta lager med en ny yta ovanpå befintlig greenkonstruktion (White, 2006).

3.2 Växtbäddsmaterialets dräneringsförmåga

Växtbäddens textur och befintliga vatteninnehåll är avgörande faktorer för hur snabbt ytvatten skall kunna fördelas, magasineras och ledas bort genom växtbäddsprofilen. Vatten tränger ned i växtbädden med en specificerad hastighet, kallad infiltrationshastigheten. En förutsättning för en lyckad ytvattendränering är enligt McIntyre och Jakobsen (2000) att växtbädden tillåter en tillräcklig infiltrationshastighet.

Växtbäddens magasineringsskapacitet för vatten bestämmas av dess så kallade fältkapacitet. I växtbädden vill ytvatten i första hand genom gravitation fylla ut all tillgänglig porvolym. Sedan vill gravitationen dra ned allt vatten som finns i de större porerna genom växtbäddsmaterialet. Det vatten som fortfarande sitter bundet mellan de finare partiklarna, och som inte dräneras ut genom gravitation benämns som växtbäddens fältkapacitet. Fältkapaciteten anges som hur många procent av den samlade porvolym som är vattenfylld. Infiltrationshastighet och magasineringsskapacitet är de begränsande faktorerna för hur snabbt en vattenmättad växtbädd kan dräneras och återställas till dess fältkapacitet (McIntyre och Jakobsen, 2000).

Olika jordtypers fältkapacitet varierar kraftigt. Exempelvis har en green som är konstruerad med lerjord haft en fältkapacitet där ca 25 % av porvolymen är vattenfylld, medan en green konstruerad enligt USGA:s rekommendationer kan ha en fältkapacitet på ca 5-7 %. Dräneringsgrus har vanligen en fältkapacitet på ca 2 % (McIntyre och Jakobsen, 2000).

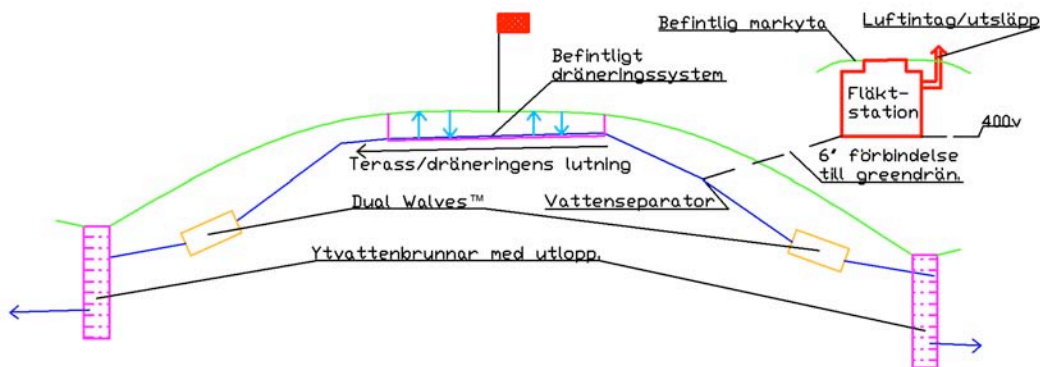
Infiltrationshastigheten påverkas starkt av porstorleken i växtbäddsmaterialet som vattnet transporteras genom. En metod för att i grova drag beräkna denna hastighet, är att kvadrera växtbäddsmaterialets medelpordiameter mätt i mm. Det resulterande värdet vill då utgöra ett värde för infiltrationshastigheten i mm per timme (mm/h). Enligt denna beräkning skall en växtbädd uppbyggd enligt USGA-rekommendationer kunna dräneras 100 gånger snabbare än jord som har en väldigt stor andel lera eller silt (McIntyre och Jakobsen, 2000).

Enligt STRI:s publikation Arc. Survey (1999), hade en genomsnittlig fairway 2-25 mm/h maximal infiltrationshastighet, och en total porositet som varierade mellan 40 och 50 % av växtbäddsmaterialets samlade volym. Av denna volym var endast genomsnittligt 4 % luftfylld. Innehållet av lerpartiklar i de använda jordtyperna låg runt 20 %. Detta definieras enligt Wiklander (1976) som lättlera. Till jämförelse har den typ av sand som använts vid uppbyggnad av OGK:s sandbaserade växtbäddar på fairways (se 3.5) en infiltrationshastighet runt 365 mm/h (European Turfgrass Laboratories, 2007b). Detta har lett till en flerfaldigt ökad dräneringskapacitet på dessa ytor.

Erfarenhet har visat att en korrekt uppbyggd green med ett välbalanserat bevattningsprogram, inte avger nämnvärda mängder dräneringsvatten förutom i perioder med mycket nederbörd eller vid snösmältning (SGF, 2003). Detta kommer av att vatten magasineras i växtbäddens porer genom kapillära krafter, och om det tillförs vatten utöver magasineringsskapaciteten dräneras detta bort. Denna form för magasineringsskapacitet benämns att greenen har kvarhängande kapillärvatten.

3.3 SubAir-system

SubAir (se figur 2) är ett fläktsystem som skapar över- eller undertryck i perforerade/slitsade rörledningar när det sammankopplats till ett greendräningsystem. Detta används främst i golfgreenar som anlagts enligt USGA:s rekommendationer eller i så kallade "California style"-konstruerade greenar. En "Californiagreen" är en green som anläggs med täckdiken i terrassbotten, istället för dräneringsrör i ett gruslager som bryter kapillärkrafterna i växtbädden, som i en traditionellt uppbyggd green.



Figur 2. Illustration av SubAir-systemet tillkopplat en greendränring (C. Jönsson, 2009).

Systemet separerar luft och vatten ifrån varandra (se bilaga 1) och via så kallade "Dual Valves" (luftslussar, en integrerad del av SubAir-systemet) kopplas greendränringens utlopp till närliggande fairwaydräneringssystem. Systemet kan med hjälp av över-/undertryck öppna och stänga Dual Valve-ventilerna automatiskt (se bilaga 1). Samtliga SubAir-system kopplas till bevattningssystemets signalkablar för att kunna kontrolleras via bevattningssystemets huvuddator eller en portabel styrenhet (SubAir, 2008).

SubAir är ett system som markant skall kunna öka hastigheten för vattentransport genom växtbädden. Vid bruk av systemet begränsas inte dräneringen enbart av gravitation, vilket den gör vid ordinär dränering. När ett SubAir-system appliceras på en växtbädd som är konstruerad enligt USGA:s rekommendationer skall infiltrationshastigheten på grund av undertrycket i dräneringsrören kunna ökas 5-6 gånger, och det skall vara möjligt att sänka vatteninnehållet i växtbädden till under dess

normala fältkapacitet. Växtbäddens vatteninnehåll återgår också snabbare till dess normala fältkapacitet även efter de mest intensiva regnen, och ytan tillåter därmed spel snabbare (SubAir, 2009).

En fördel med SubAir-systemet är att fläkten som driver det kan reverseras för att blåsa in luft till rotzonen via dräneringsrören, och därigenom tillföra syre till växtbädden underifrån till de nedre skikten av greenen. Genom ett luftutbyte i porsystemet ersätts skadliga nedbrytningsgaser (metan, koldioxid och vätesulfidgaser) med ny luft. Detta gör att man kan uppnå ett djupare och mera utbrett rotsystem hos gräsplantorna. Denna reverseringsfunktion gör även att man kan kontrollera temperaturen i växtbäddsmaterialet enklare, och därmed minska riskerna för tork och frostsador (SubAir, 2009).

En fördel med att transportera dessa gaser ut underifrån och inte ovanifrån, som vid till exempel traditionell stickhålsluftning, är att en större andel nedbrytningsgaser avlägsnas på kortare tid, då koldioxid och vätesulfid är tyngre än luft. Syretillförsel till mikrober i växtbädden bidrar till att nedbrytningsprocessen av organiskt material går snabbare, och därmed att permeabiliteten i växtbädden hållas hög under lång tid (SubAir, 2009).

Att kunna tillföra luft under tryck underifrån till greenens växtbädd kan även förväntas att till en viss del förhindra eller motverka markkompaktion och skiktbildningar på grund av det övertryck av tillförd luft som skapas i växtbäddens nedre delar. Att förhindra markkompaktion i växtbädden kan i vissa fall bidra till en bibehållen infiltrationshastighet i växtbädden, och ett effektivare luftutbyte till rotzonen (Baker, pers. medd., 2009).

De stationära fläktstationerna har en kapacitet på upp till 1200 kubikfot luft/min (ca 34 m³/min). Fläkten drivs av en 7,5 hk elektrisk motor som drivs med 400 V 3-fas-ström, alternativt 240 V 2-fas, beroende på nåttillgänglighet. Systemet kan alternativt drivas av en mobil, bensindriven fläktmotor (SubAir, 2008).

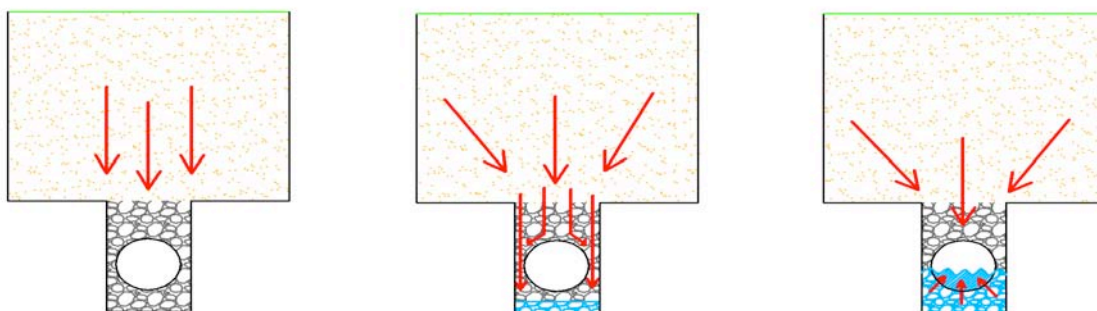
3.4 Fairwaydränering

Installering av fiskbensdränering i kombination med ett sandtäckte var det föredragna koncept vid renoveringen av fairwayytor på OGK (se bilaga 3). Denna metod har många likheter med att bygga upp en green enligt "California"-modellen (se 3.3 SubAir-system). Detta dräneringssystem bygger på att inget dräneringslager används, utan vattnet transporteras till stor del lateralt i växtbädden, likt en täckdikning (övertäckt dränering). Fiskbensdräneringarna sammankopplas till ett gemensamt brunnssystem, som i sin tur förbinds med en grundvattendränering.

Grundvattendräneringen bör lämpligen ligga på 100-120 cm djup med 8-30 m avstånd, beroende på jordmassornas beskaffenhet. Desto större andel lera, desto minde avstånd mellan rören. Rekommenderad minsta lutning på dräneringsledningar är 2 ‰ (SGF, 1992).

Fiskbendräneringens diken till rörinstallationer skall skäras i befintlig grund, och ett minimum av 350 mm tjock sandbaserad övertäckning, alternativt 300 mm täckning i kombination med ett 50 mm tjockt lager dräneringsgrus. Dräneringsrörsdikets totala djup skall inte understiga 500 mm under färdig ythöjd. Faktorer som bör tas i betraktelse som förutsättning för en lyckad konstruktion är bland annat:

- Dikenas kanter skall vara vertikala med en botten som är fri ifrån rester vid utgrävning, då särskilt rester av lera, som kan skapa partier med sämre infiltration.
- Sand skall appliceras i ett minst 50 mm tjockt lager under, ovan och i sidorna av dräneringsrören, för att tillåta kapillär transport av vatten i dessa områden.
- Rör som lagrats hoprullade bör rätas ut före de läggs ned i diken för att förhindra ojämnheter.
- Slitsar/hål skall ligga med öppningar nedåt då rören fylls med vatten underifrån (se figur 3). Vattnet tränger inte in ovanifrån som ofta annars antaget (McIntyre och Jakobsen, 2000).



Figur 3. Illustrerar vattnets väg in i ett dräneringsrör (C. Jönsson, 2009).

3.5 Sandbaserade växtbäddar på fairwayområden

Växtbäddar på fairway som konstrueras av ren sand med mycket lite eller inget inblandat organiskt material (också kallad sandkapping) tillämpas i vissa tillfällen där det anses vara behov för väldigt god genomsläpplighet av ytvatten. Växtbäddar som konstrueras under dessa förutsättningar har ett större bevattnings- och näringsbehov. Skötseltekniska utmaningar kan vara att etablera nytt gräs på slitna ytor, då det torkar snabbare, särskilt om det använts en sand med grövre kornstorleksfördelning. Behovet av underhåll ökar, främst bevattning och även trumling av ytorna. En typisk sandbaserad växtbädd består av ett 100-150 mm tjockt sandlager lagt på befintliga massor med ett nätverk av slitsdräneringar. Om en konstruktion av denna typ utförs är det väldigt viktigt att underliggande material inte har packningsskador för att gräsets rotsystem skall kunna breda ut sig till underliggande material. Under konstruktionsarbetet är det viktigt att slitsdräneringarna ej täcks över med finare material för att förhindra igenslamning (Baker, 2006).

När växtbädden når sin maximala vattenmättnadsgrad och mera vatten inte kan infiltreras i växtbädden (även vid snösmältning och tjälad mark) rinner ytvattnet ned till ett nätverk av ytvattenbrunnar som placeras i spelytans lågpunkter (se bilaga 4). Dimensioneringen av rörledningarna mellan brunnar anpassas beroende på storleken av respektive tillrinningsområde (se bilaga 3).

Det rekommenderas att växtbäddsmaterial till konstruktioner likt de sandbaserade fairwayytor som konstruerats på OGC:s bana, bör bestå av 85-90 viktprocent sandpartiklar på 0,1-1,0 mm i diameter, varav en andel på 0,25-0,5 mm i diameter överstigande 60 viktprocent (Baker, 2006).

3.6 Ytvattendränering av fairwayområden

Stillastående ytvatten måste fortast möjligt avlägsnas för att återuppnå en mekanisk stabilitet i ytan. Att vatten infiltreras i en vattenmättad yta är normalt sett en långsam process. Ytvattenbrunnar har den fördelen att de kan transportera bort stora mängder vatten under kort tid vid intensiva nederbördsperioder och vid snösmältning (McIntyre och Jakobsen, 2000).

Lutningen in till ytvattenbrunnarna skall inte vara för liten, för att vattnet skall kunna rinna av i tillräcklig hastighet. Den får dock inte vara för brant, då detta kan skapa erosionsproblem när vattnet når en alltför hög avrinningshastighet. Tillrinningsområdena mot ytvattenbrunnar anses vara acceptabla för golfspel (fairway) vid en släntlutning 1:70, vilket är lämpligt minsta krav för att transportera bort ytvatten till ytvattenbrunnar. De bör ha en slät yta och ett jämnt fall in mot brunnen som inte överstiger ett avstånd på ca 70 m. Tillrinningsområdet till en ytvattenbrunn bör inte överstiga 13 000-15 000 m², för att undvika erosionsskador (McIntyre och Jakobsen, 2000).

3.7 Dränering av bunkrar (sandfyllda hinder)

Bunkrar (sandfyllda hinder) bör utformas så att ytvatten från omgivningen inte kan rinna in i dem. Botten skall konstrueras med en rördränering längsmed lågpunkt (se bilaga 5), med undantag av bunkrar som anlagts i sandbaserad terrass och har en tillfredställande infiltration. Dräneringen skall täckas med passande dräneringsgrus, och som materialskiljande lager mellan sand och dräneringsgrus rekommenderas en geotextilduk. En sådan duk kan även användas som ett skiljande lager mellan bunkersand och terrassbotten för att undgå föroreningar av bunkersanden. Färdigkompakterat djup på bunkersanden bör vara ca 100 mm.

Vid val av bunkersand finns det några parametrar som bör tas i betraktelse:

- Att sanden har en god vattengenomsläpplighet samtidigt som den inte innehåller för mycket finkornig sand som kan fångas upp av vinden.
- Att sanden inte är skadlig för greenen och inte innehåller några föroreningar, då den med största sannolikhet kommer att komma kontakt med green.
- Att sanden inte tillåter att bollar ”pluggar”, det vill säga begravs i bunkern vid hårt nedslag.
- Sand bestående av partiklar som har en mera kantig form är att föredra i bunkers med stora lutningar i kanterna, då den är mer stabil än en sand med rundade partiklar.

(Baker, 2006)

3.8 Växtbäddsmaterial för konstruktion av spelytor

Efter många års försök och tester utförda av USGA Green Section, introducerades år 1960 specifikationer för konstruktion av puttinggreener. Metoden att konstruera en green baserades på att sand var grundkomponenten i växtbäddsmaterialet. Detta var för att uppnå tillräckliga dränerande egenskaper, samt motståndskraft mot markkompaktion och för att inkorporera ett hängande vattenbord (se 3.2) i profilen, med en vattenreserv för gräset (Kenna, u.å.).

Sanddominerande växtbäddar är den numera vanligaste formen för att konstruera en väl dränerande spelyta som även fungerar under och efter perioder med större nederbörds mängder. Under normala omständigheter är en jord beroende av en aggregering – att partiklar klumpar ihop sig och bildar större partiklar (Wicklander, 1976) – för att skapa ett system av stora porer som kan dränera och tillföra luft till jorden. I många fall där det använts befintliga massor med högt innehåll av finare partiklar (ler, silt och organiskt material) för att konstruera växtbäddar för golfspel, har det uppstått kompakteringsskador i de översta lagren av växtbädden, och på detta sätt förhindrat infiltration av ytvatten. En sandbaserad växtbädd har inget behov av en aggregatstruktur, det bildas ett naturligt stabilt nätverk (”skelettstruktur”) av porer mellan sandpartiklarna, förutsatt att den valts ut och testats för detta ändamål med hänsyn till dess kornstorleksfördelning och symmetri. Detta leder till en växtbädd med god genomsläpplighet och tillräckligt med luft till rotsystemen (Baker, 2006).

3.8.1 Val av konstruktionsmaterial

För att göra rätt val betraktande typ av växtbäddsmaterial finns det ett antal punkter som bör tas i betraktelse (Moore, 1999).

- Vilken typ av källa är det sanden levereras ifrån?
- Har källan konsekvent materialkvalitet?
- Hur sker mellanlagring av materialet?
- Till vilka andra golfbanor har sand levererats?
- Vilken typ av kvalitetskontroll för växtbäddsmaterialen lämpar sig?

Före val av material är det även viktigt att klarlägga lokala klimatfaktorer, exempelvis om det finns extrema torkperioder med hög evapotranspiration (Evapotranspiration = avdunstning från marken med dess växttäck + växternas transpiration. Wicklander, 1976), eller om ytorna ofta kommer att underhållas under fuktiga förhållanden med hög temperatur och/eller en hög luftfuktighet.

3.8.2 Framställning av växtbäddsmaterial

En kritisk faktor vid konstruktion av en green- eller teeyta är själva framställningen av växtbäddsmaterialet. Oavsett om materialet är ren sand eller en kombination av olika komponenter, är det mycket viktigt att materialet håller en enhetlig sammansättning och att inga variationer uppkommer under framställning eller vid applicering. Tester för kvalitetskontroll är det bästa sättet att säkerställa ett bra material. Testerna skall bestå av prover tagna under både framställning och under applicering, för att sedan analyseras av ackrediterat laboratorium. Jämförs prover tagna vid valet av sand och när sanden applicerats till en växtbädd, uppnås emellertid sällan samma resultat då en lång rad med processer påverkar sanden mellan beställning och applicering. Felkällor kan även finnas vid laboratoriets analys, eller på grund av olik hantering av prover vid provtagningen eller försändelsen (Moore, 1999).

3.8.3 Kornstorleksfördelning på greensand

Kornstorleksfördelningen (se tabell 1) har stora effekter för hur vattnet rör sig, materialets förmåga att binda vatten, och andelen luftfyllda porer. En studie som STRI har utfört visade att en finare sand som hade en kornstorleksfördelning där 20 % av partiklarna var mindre än 0,1 mm, enbart hade en femtedel av den infiltrationshastighet jämfört med en grövre sand som har en kornstorleksfördelning där 20 % av partiklarna är mindre än 0,5 mm. Partikelstorleken visade ett starkt samband med balansen mellan finare, vattenhållande (kapillära) porer och större, luftfyllda porer som är viktiga för luftutbyte till gräsrötterna. En finare sand hade efter dränering exempelvis 10 % luftfylld porositet och 35 % kapillär porositet, medan den grövre sanden hade 30 % luftfylld porositet och 10 % kapillär porositet. Val av sand är en balansgång mellan att tillgodose god infiltrationsförmåga och stort luftutbyte kontra vattenhållande kapacitet och förmågan att binda näring (Baker, 2006).

Rotsystem kräver en porstorlek som överstiger 0,1 mm i diameter för att enkelt kunna ta sig fram genom växtbädden och tillgodose sitt krav på vatten och luft. Det finns ett starkt samband mellan rötters tillväxt och växtbäddars dränerande förmåga (McIntyre och Jakobsen, 2000). Markluften fungerar som ett andningssystem för gräsrötter och mikroorganismer i växtbädden. Markluften har en sammansättning med syreunderskott och koldioxidöverskott i förhållande till luften ovan jord. Sammansättningen hålls på en varierande nivå, enligt rådande förhållanden (SGF, 1992).

Tabell 1. Rekommenderad partikelstorleksfördelning för greenuppbyggnad enligt USGA:s rekommendationer (USGA, 2004)

<u>Benämning</u>	<u>Partikeldiameter</u>	<u>Rekommenderad viktprocent</u>
Fin grus	2,0 – 3,4 mm	< 3% fin grus (helst ingen)
Mycket grov sand	1,0 – 2,0 mm	≤10%, inkl. fin grus.
Grov sand	0,5 – 1,0 mm	> 60% grov sand + med. sand.
Mellan grov sand	0,25 – 0,50 mm	
Fin sand	0,15 – 0,25 mm	≤20%.
Mycket fin sand	0,05 – 0,15 mm	≤5%.
Silt	0,002 – 0,05 mm	≤5%.
Ler	< 0,002 mm	≤3%.
Total mängd fin material	Mycket fin sand, silt och ler	≤10%.

3.8.4 Genomsläpplighet

Studier visar att en sands genomsläpplighet, densitet och förmåga att stabilisera sig kan variera stort beroende på partiklarnas symmetri, då den påverkar hur partiklarna packar sig samman. Om sanden är enhetlig med helt runda korn ger denna en total porvolym (det totala utrymme som uppstår mellan partiklar och/eller organiskt material) på ca 40 %, en sand som har ett innehåll av 80 % partiklar på 0,25-0,5 mm har 37 % total porvolym, varav 25,2 % av porerna överskred 37µm och 11,8 % underskred 37µm. En sand som har en kornstorleksfördelning med 10 % silt och 40 % partiklar på 0,25-0,5 mm har 33,6 % total porvolym, varav 10,6 % av porerna överskred 37 µm och 23,0 % underskred 37 µm (Baker, 2006).

3.8.5 Rekommendationer för symmetri i kornstorleksfördelning

Det finns metoder för att anslå om en typ av sand har en lämplig kornstorleksfördelning. En metod är att dividera det mått (uppgivet i mm) som 90 % av sandpartiklarna understiger med det mått (uppgivet i mm) som 10 % av sandpartiklarna understiger. Det resulterande värde kallas massans symmetrifaktor, och bör som mest vara 8 vid konstruktion av en green. Andra metoder för beräkning där de tillsvarande procentandelar sätts till 95-5 eller 60-10 används i vissa fall, men har visat sig ha ett jämförelsevis likt resultat i förhållande till 90-10- metoden, i en studie baserad på ett test med 118 olika typer av sand (Baker, 2006).

Med utgångspunkt i den sand som använts vid konstruktion av greener på OGC ger 85-15 -metoden (den metod som rekommenderas av USGA) exempelvis ett värde på 3,3 då 85 % av sanden understiger 1,25 mm, och 15 % av sanden understiger 0,375 mm.

Beräkningen blir alltså: $1,25/0,375 = 3.33$

3.8.6 Partikelutseende

Sandpartiklarnas form och storleksfördelning har stor inverkan på hur sanden kommer att packa sig och stabilisera sig i framtiden. Sandpartiklarnas form bygger på två generella parametrar som används för att beskriva utseendet. Utseendet karakteriseras genom hur mer eller mindre *sfärisk* formen på partiklarna är, och dess *kantighet* kan beskrivas genom partiklarnas mikroskopiska kantigheter. Formen fastställs genom att studera partiklarna under mikroskop, för att det sedan skall vara möjligt att fastställa sandens karaktärer. Karaktärerna varierar från att vara mycket sfäriska till lite sfäriska och från att vara mycket kantiga till att vara mycket rundade. Att föredra är sandpartiklar som är något rundade till lite kantig. Typer av sand som innehåller mera rundade och/eller utdragna korn har visat sig ha lägre total porositet, medan typer av sand som innehåller antingen kantiga eller sfäriskt formade korn har en högre genomsläpplighet och större andel luftfyllda porer (Baker, 2006).

Form/utseende har även en stor inverkan på hur sanden stabiliseras, då en sands stabilitet enbart baseras på friktion mellan individuella partiklar (Turgeon 2008, s.160).

3.8.7 Sammansättning

Sandens olika karaktärer som är viktiga att ta hänsyn till vid val av sand är som nämnd bland annat sandkornens storleksfördelning och form, som igen påverkar vattnets infiltrationshastighet. Man måste emellertid även ta hänsyn till om den är homogen sammansatt, dess kemiska sammansättning (vanligen mestadels bestående av kiseldioxider eller s.k. silikater, med större eller mindre inslag av aluminium, järn, magnesium, calcium, kalium och natrium) och dess fysiska styrka (Wiklander, 2005, Baker, 2006).

Innehåll av ler och siltpartiklar i sand fastställs vanligtvis genom en kontrollerad sedimentering (Baker, 2006). En för stor andel av fina partiklar (främst ler och silt) kan leda till att porsystemet täpps till genom att partiklarna tillåts packa sig tätt in på varandra och fylla ut en annars luft- eller vattenfylld porvolym (McIntyre och Jakobsen, 2000).

Halten av organiskt material fastställs normalt genom en glödning (360-400°C), där förlusten utgör viktprocent organiskt material. Mängden kan även fastställas genom en kemisk process (Baker, 2006).

Organiskt material i växtbäddsmaterialet utgörs vanligen av inblandad torv, som igen skall bestå av minimum av 85 % organiskt material. Komposterat material skall användas med stor försiktighet, då det kan ha stora variationer inom en och samma källa, samt innehålla oönskade fröer (USGA, 2004). Organiskt material tillsätts växtbäddsmaterialet då den har hög mikrobiologisk aktivitet och bra vatten och näringshållande förmåga (SGF, 2003).

Sand som är ämnad för konstruktion av green bör ej ha ett kalkinnehåll på mer än 0,5 %, då kalk kommer att påverka alkaliniteten i växtbäddsmaterialet avsevärt. Företrädesvis skall ingen kalk förekomma i sanden som grundmaterial. Detta är särskilt viktigt vid bruk av grässorter som exempelvis krypven (*Agrostis stolonifera*). Högt pH gynnar även ettåriga grässorter och ogräs. En annan oönskad effekt av ett för högt pH kan vara gynnsamma förhållanden för dagmask (*Lumbricus*), vilket kan leda till en ojämn spelyta (Baker, 2006).

Eventuella behov av kalkning fastställs genom en analys av sanden. Genom en analys får man ett exakt besked om kalkning skall utföras, och i dessa fall hur mycket som eventuellt skall tillföras. De gräsarter som används på green föredrar vanligtvis ett pH i storleksordningen 5,5-6,5 (SGF, 2003). Vissa typer av sand kan innehålla spår av salt. Salthalten mäts lämpligen genom ett elektriskt test av konduktivitet. Konduktiviteten ökar med salthalten (Baker, 2006).

Växtbäddsmaterialets förmåga att innehålla vatten begränsar dess stabilitet och styrka väsentligt. Massor med en finare partikelsammansättning, och därmed en större kapacitet att magasinera vatten, ger en större andel vatten som är starkare bundet i små porer och runt partiklarna, vilket leder till att partiklar inte är lika hårt bundna tillsammans (McIntyre och Jakobsen, 2000).

3.8.8 Rekommenderade fysikaliska egenskaper för växtbäddsmaterial

Total porositet	35-55 %	(USGA, 2004)
Luftfylld porositet	15-30 %	(USGA, 2004)
Kapillär porositet (andel vattenfyllda porer efter dränering)	15-25 %	(USGA, 2004)
Infiltrationshastighet	150 mm - 300 mm/h	(USGA, 2004)
Organiskt material	2,0-4,0 viktprocent	(SGF, 2003)

Porositeten är fastställd vid ett undertryck på 30 cm vattenpelare (0,03 bar) (USGA, 2004)

Porositeten i växtbäddsmaterial kan beräknas på ett förenklat sätt genom denna formel:

$1 - (BD/PD \times 100) = \% \text{ porositet}$, där *BD* motsvarar bulkdensitet, det vill säga torrvikten av en volym med orörd massa, och *PD* motsvarar torkad och solid partikeldensitet (Turgeon 2008, s. 150-151). Metoden redovisar enbart total porositet, och indikerar inte fördelningen av olika porstorlekar.

I Storbritannien har STRI utfört ett antal studier som publicerades 2005, då under ett klimatförhållande som mera motsvarar Nordens, vilket har lett till något förändrade rekommendationer. Tanken med USGA:s rekommendationer för greenkonstruktion är att de skall kunna praktiseras under ett brett spektra av klimatförhållanden. USGA ger idag inga direkta rekommendationer av mängd/typ organiskt material som blandas in, då detta behov är väldigt individuellt anpassat beroende på bl.a. klimat, typer av gräs som används, skötsel och bevattningsintensitet. SGF:s rekommendationer bygger på tidigare USGA rekommendationer. Den del av STRI:s rekommendationer som främst skiljer sig jämfört med USGA:s rekommendationer, är halten av organiskt material, där halterna justerats från 2,0-4,0 viktprocent till 0,5-3,5 viktprocent. Detta är främst för att tillåta konstruktion på en mindre genomsläpplig grund, där goda dränerande egenskaper är väldigt viktiga (Baker, 2006).

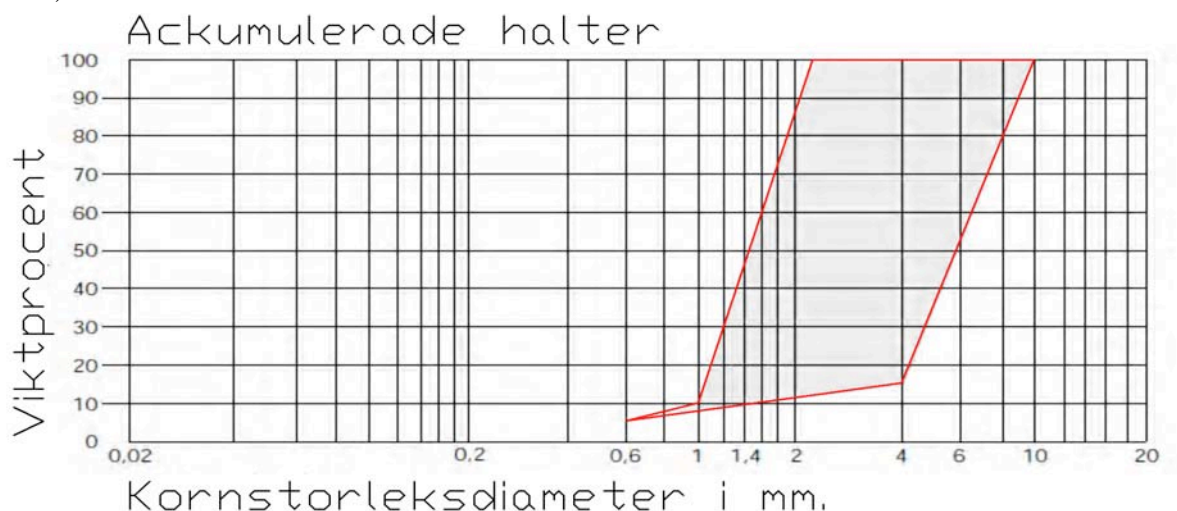
Halten av organiskt material kan även anges i halten av kol. Kolhalten kan också räknas om till humushalt eller mullhalt. Humushalten motsvarar kolhalten multiplicerad med en faktor på 1,7 (SGF, 2003).

3.9 Dräneringsgrus

För att uppnå en väl fungerande green krävs ett dränerande lager som kan transportera bort överflödigt vatten. Dräneringslagret måste bryta de kapillära krafterna i mikroporerna i ovanliggande växtbädd, samtidigt som det förhindrar partikelvandring i från det ovanliggande lagret. För att förhindra partikelvandring samtidigt som lagret av dräneringsgrus upprätthåller en god ledningsförmåga, krävs det att dräneringsmaterialet inte innehåller för mycket finmaterial. Som allmän vägledning är det lämpligt att prova dräneringsgrus med en dominerande andel partiklar mellan 2–6 mm (SGF, 2003).

3.9.1 Rekommendationer för kornstorleksfördelning av dräneringsgrus

Kurvan nedanför (figur 4) är baserad på USGA:s rekommendationer, där det gråmarkerade fältet anger inom vilka gränser partikelstorleken i dräneringsgrus bör ligga (SGF, 1999). Kriterierna för kornstorleksfördelningen bygger på att de 15 viktprocent som utgör de största partiklarna i växtbädden skall ha samma storlek som de 15 viktprocent som utgör de minsta partiklarna i dräneringsgruset. Förhållandet mellan dessa fraktioner kallas i engelskspråkig litteratur "bridging factor". Följs dessa kriterier undviks partikelvandring från växtbäddsmaterialet ner i dräneringsgruset, samtidigt som att partiklarna i dräneringsmaterialet är tillräckligt stora för att bryta kapillärkraften i växtbädden (SGF, 2003).



Figur 4. Kurva för kornstorleksfördelning av dräneringsgrus, (SGF 1999).

Tabellen nedanför visar USGA:s rekommendationer för hur kornstorleksfördelning i dräneringsgrus bör motsvara kornstorleksfördelningen i greenens växtbäddsmaterial. Värdet D^x representerar maskvidden (uppgiven i mm) vid fraktionsfördelning vid hjälp av ett siktnät där X procent av partiklarna passerar siktnätet (USGA, 2004). Begreppet "överlappningsfaktor" motsvarar här det engelska begreppet "bridging factor". Genomsläpplighetsfaktorn är ett värde för dräneringsgrusets förmåga att skapa porer, något som omtalats för greensand i 3.8.6. Symmetrifaktorn beskriver förhållanden mellan de minsta och de största partiklarna i dräneringsgruset, som omtalat i 3.8.7.

Tabell 2. Rekommendationer för kornstorleksfördelning av dräneringsgrus (USGA, 2004).

<u>Egenskaper</u>	<u>Rekommendationer</u>
Överlappningsfaktor	$D^{15} \text{ (dräneringsgrus)} \leq 5 \times D^{85} \text{ (greensand)}.$
Genomsläpplighetsfaktor	$D^{15} \text{ (dräneringsgrus)} \geq 5 \times D^{15} \text{ (greensand)}.$
Symmetrifaktor	$D^{90} \text{ (dräneringsgrus)} / D^{15} \text{ (dräneringsgrus)} \leq 3.0.$
	Inga partiklar > 12 mm.
	< 10 % mindre än 2 mm.
	< 5 % mindre än 1 mm.

Exemplet under är beräknad på den 2-4 mm dräneringsgrus som användes vid konstruktion av greener på OGK, baserad på testrapport av växtbäddsmaterial för green och dräneringsgrus, utförd av ETL (European Turfgrass Laboratories, 2007a):

<u>Dräneringsgrus</u>	<u>Växtbäddsmaterial för green</u>
$D^{15} = 2,021$	$D^{15} = 0,26$
$D^{90} = 3,823$	$D^{85} = 0,975$

Överlappningsfaktor: $4,875$ ($5 \times 0,975 = 4,875$)
 $2,021(D^{15}) \leq 4,875$

Genomsläpplighetsfaktor: $1,3$ ($5 \times 0,26 = 1,3$)
 $2,021(D^{15}) \geq 1,3$

Symmetrifaktor: $1,89$ ($3,823/2,021 \approx 1,89$)
 $1,89(D^{90}/D^{15}) \leq 3,0$

Enligt Baker (2006) skall material med en uniform storleksfördelning inte förflytta sig nedåt då dess diameter är större än 1/6 av underliggande materialdiameter.

Hela botten av en green skall täckas med ett lager av tvättad stenkross, med ett djup av minimum 100 mm. Dräneringsgrus framställd av kalksten eller sandsten är inte acceptabla (USGA, 2004).

Vanligtvis skall det vara fullt tillräckligt att fylla upp med jord över en grustäckt dräneringsledning, då den bildar en naturlig aggregering som förhindrar transport av partiklar. Där sand används som återfyllningsmaterial är det däremot viktigt att massorna är kompatibla med varandra. I de tillfällen där det omgärdande dräneringsgruset förorenas av kringliggande massor med finare partiklar, förväntas dräneringsgruset anta de dränerande egenskaper som denna massa innehar (Baker, 2006).

Enligt McIntyre och Jakobsen (2000), rekommenderas det i flertalet situationer (ej under USGA:s rekommendationer för greenkonstruktion) endast att använda sand som återfyllningsmaterial, då denna ger en fullt tillräcklig genomsläpplighet med liten eller ingen risk för partikelmigration, jämfört med exempelvis 10 mm dräneringsgrus som har en oproportionerligt god genomsläpplighet, men även innehar en potential att tätas av migrerande partiklar. Infiltrationshastigheten skall aldrig understiga 2500 mm/h för dränerande lager.

Rekommenderad kornstorleksfördelning enligt McIntyre och Jakobsen (2000) är 55-100 % partiklar på 0,5-0,2 mm partikelstorlek. Perforeringar i dräneringsrör är normalt mellan 2-5 mm breda och upp till 13 mm långa, vilket motsvarar mindre än 1 % av ett dräneringsrörs totala yta. Partiklarna som lägger sig ovan perforeringarna kommer att till viss del tränga igenom ned i rören, för att sedan strukturera sig där de sedan bildar hålrum ovan perforeringarna. Är dräneringsgruset dessutom fuktigt vid applicering, vilket det nästan uteslutande är, binds därför partiklarna till varandra adhesivt.

4. Fallstudie av ombyggnaden på OGK:s bana

4.1 Problembeskrivning

OGK är en golfbana med mycket gamla anor, vilket innebär att banan är uppbyggd på gammal kunskap, teknik och tradition. När golfbanan grundades 1924, fördes det inte några större diskussioner angående dräneringslösningar och markkompaktion, val av grässorter, slitage eller skötsel, då det egentligen inte fanns någon motsvarande anläggning på stort avstånd att samarbeta eller jämföra sig med. Kraven till spelstandard var även vid denna tidpunkt betydligt lägre än dagens, och själva golfupplevelsen som helhet betydde troligtvis mera då. Med dagens hårda konkurrens ifrån ett stort och än växande utbud av golfanläggningar, ställs det allt hårdare krav på en golfanläggning. En bana med OGK:s rykte och renommé förväntas ge båda medlemmar och gäster en hög spelstandard, en god golfupplevelse och bra tillgänglighet under längsta möjliga period.

Den befintliga jordmån som banan ursprungligen anlades på under början av 1920-talet består till stora delar av jord med ogynnsamt hög lerhalt, och området har under lång tid sporadiskt haft olika dräneringsprojekt, med olika resultat och omfattning. Detta har i sin tur lett till bristfälliga dränerande egenskaper i tidigare spelytor, som bland annat lett till försenad och undermålig tillväxt av vegetation och stillastående ytvatten (se figur 5). Negativa konsekvenser av detta har bland annat varit sjukdomar och skador på vegetationen, gräsplantor som är känsligare för stress och slitage, och mindre estetiskt tilltalande grönytor, där både spelkvalitet och upplevelsefaktor sänks. Spelsäsongen har även förkortats för klubbens medlemmar på grund av ökade skötselinsatser i vår- och höst perioderna. För att uppnå tillfredsställande spelförhållanden och en bättre helhetsupplevelse av OGK måste dessa negativa faktorer begränsas mest möjligt, men till en försvarbar insats. Stor hänsyn måste tas beträffande klubbens medlemmar, ekonomiska förutsättningar, tid och logistik.



Figur 5. 13:e green, den 27:e juli 2007. Stillastående ytvatten som till stor del orsakats på grund av en felaktig konstruktion av spelytan. Foto: J. Haugness (2007).

Ett annat praktisk og teknisk utmanande problem vid planeringen av ombyggnaden var kvalitetssikring av stora ytor med växtbäddar. Växtbäddarna skulle vara färdigställda till en bestämd tidpunkt, och tillfredsställa de specifikationer och krav som klubben angav.

Opåverkbara faktorer som främst klimatförhållanden, men även omfattande logistisk hantering av material på Oslos redan kraftigt överbelastade gator, kunde bli utmaningar för att projektet skall hålla sig inom förväntade tids- och kostnadsramar. För OGK:s medlemmar, sponsorer och greenfeegäster kom en total ombyggnad att innebära ett totalt spelstopp på OGK från den 1:e september 2007 till maj/juni 2009.

4.2 OGK:s målsättning

Oslo Golfklubb har som målsättningen att banan skall hålla bästa möjliga kvalitet med utgångspunkt i dess geografiska placering och klimatförhållanden, och att banan skall vara bland Norges absolut bästa. Banans kvalitet skall tillfredsställa de krav som är nödvändiga för att OGK skall kunna arrangera nationella mästerskap och internationella turneringar, men då bara på tidpunkter som normalt är fördelaktiga för banan (Vik, Foss, Riiber, 2000).

Följande formuleringar är hämtade från OGK:s styrelses berättning 2007:

“Styret føler et sterkt ansvar for at nåværende og fremtidige medlemmer skal ha en kvalitetsbane å spille på, og anser at en oppgradering av banen er helt nødvendig for å få en sesong der medlemmene kan spille på gode greener og fairways, fra midten av mai og godt ut i oktober”.

“I løpet av mars/april vil samtlige medlemmer bli invitert til et informasjonsmøte hvor styret, banebygger og andre nøkkelpersoner vil legge frem konkrete planer for oppgraderingen, tidsrammer, hvordan medlemmene skal kunne utøve sin sport i tiden banen vil være stengt, og en detaljert presentasjon om hva dette vil koste det enkelte medlem. Det vil deretter bli sendt ut en innkallelse til et ekstraordinært årsmøte hvor medlemmene vil bli framlagt en konkret prosjektplan for avstemming”. (OGK, 2007)

4.3 OGK 1975-2007

Golfklubben har haft olika krav och behov för anläggningen under årens gång, och golfbanan utvecklats därefter. Den föregående utformningen (se figur 6) och tekniken på banan byggde på den främsta kunskap som var tillgänglig inom golfbanekonstruktion under mitten av 1970-talet. Denna kunskap har emellertid utvecklats avsevärt sedan dess.



Figur 6. OGK 1975-2007 (www.oslogk.no, 2008-10-15).

4.4 Projektplanläggning

Full ombyggnad och uppgradering av banans samtliga arealer skulle utföras, där huvudfokus låg på dränering och förbättring av markfysiska kvalitéer genom konstruktion av sandbaserade växtbäddar på samtliga green-, fairway-, semiruff- och teeområden. Arkitekterna bakom banans nya layout har varit Steve Forrest och Ken Williams, båda välrenommerade banarkitekter från USA, med banor som Bay Harbor Golf Club i Michigan och The Golf Club of Georgia bakom sig, plus ca 130 andra golfanläggningar världen runt. Ombyggnaden utfördes av Martin Sternberg Golf AB, som bland annat har golfklubbarna Hills Golf and Country Club (GCC), Sand GCC och Brohoff GCC som starka referenser. Entreprenören har under tidigare konstruktionsprojekt samarbetat med ovan nämnda arkitekter (Riiber, pers. medd., 2008).

Arkitekterna valdes av en grupp sammansatt av representanter för klubbens egna spelare (juniorer och seniorer), ”pros” (anställda tränare) och fackmässigt kunniga personer inom branschen för konstruktion av golfbanor. Denna grupp har sammanställt sin vision av hur banans nya layout skall vara efter just sina behov. Gruppen har haft ett nära samarbete med arkitekterna under planering och konstruktion. Främsta orsaken till att just dagens brukare (medlemmarna i klubben) haft ett stort inflytande i design och utformning är att golfbanan när den väl färdigställts, inte skulle ”säljas” till andra golfare, eller attrahera ”nya” spelare till banan, utan främst av allt vara anpassad för banans medlemmar. Den arkitekt som fått förtroendet att leda design- och utformningsarbetet har tidigare utmärkt sig som en god samarbetspartner för beställare/brukare, utförare och planerare. Detta har varit av stor vikt vid för golfklubben vid tillsättning av arkitekt. Många av dagens arkitekter tenderar att ha alldeles för stora krav på att ha en ”personlig identitet” vid utformningen, vilket inte varit aktuellt i detta fall, där brukarna till golfanläggningen redan är mycket väl etablerade, och i många fall haft relationer till banan under många år (Riiber, pers. medd., 2008).

Riktlinjerna som arkitekterna arbetade efter, var att banans befintliga arkitektur, med dagens hållkorridorer, i stort skulle bevaras, och banans karaktär skulle respekteras. Eventuella förändringar av banans design skulle först och främst vara ett resultat av terrängförändringar i förbindelse med design av ytvattendränering. Alla uppgraderingar på de speltekniska delarna utfördes på ett sätt där de mest möjligt tillvaratog banans ursprungliga karaktärer (Riiber, pers. medd., 2008).

Arkitekten Steve Forrest har beskrivit hur det gjorts vissa ändringar i banans utformning, men att ombyggnadens huvudmålsättning först och främst varit en teknisk uppgradering:

“We’re authoring some major changes in the course routing and feature work, but serious turf and drainage issues prompted this project and addressing those issues is the main order of business. The season is so short over here, and the property was so wet, that the only months when they could accommodate sustained member play were July and August. Something had to be done.” (Forrest, 2007)

4.5 Spelfrekvens

Det totala antalet spelade golfunder per säsong har under de senaste säsongerna varierat mellan 30 000 och 35 000, men varit uppåt 40 000 tidigare. Den stora procentuella minskningen av spelade golfunder per säsong har till stor del berott på att man ökat tillgängligheten och utvidgat speltiden för klubbens egna medlemmar. Emellertid kan den även förklaras med en gradvis försämrad spelkapacitet på grund av allt mer frekventa problem med stående ytvatten på spelytorna, som har lett till att banan varit stängd för spel. Greenfeegäster står för närvarande för ca 20 % av allt spel på OGK (Riiber, pers. medd., 2008).

4.6 Klimat

Oslo ligger på 60:e breddgraden, vilket i Sverige kan jämföras med Bergslagen i de södra delarna av Dalarna. Klimatet på OGK är starkt påverkat av flera element i den direkt nära omkringliggande geografi, som bland annat består av den höga intilliggande Holmenkollåsen i öst och Sørkedalen i norr. Bogstadvannet, som OGK ligger i anslutning till, är även en mycket viktig faktor. Om vintern kommer ofta kall nordanvind svepande från Sørkedalen över Bogstadvannets is, något som i sin tur

kyler ned banan. Ett annat faktum är att den ”gamla” banan hade väldigt lite sydvänd terräng i kombination med tät och högvuxen vegetation, vilket gjorde att större delen av banan fick betydligt mindre solljus än den har haft behov av för att uppnå goda växtbetingelser.

Marktemperaturskillnaden mellan nord- och sydvänd terräng kan i detta fall skilja på 3-5° Celsius, vilket växtmässigt motsvarar flera veckor med tillväxt på våren. Detta leder till en senare spelbar yta och kortare säsong, samt större skötselutmaningar och därmed viss ökad kostnad till följd (Riiber, pers. medd., 2008).

En naturlig begränsande faktor för solljuset utgörs även av Holmenkollen, som ligger endast ett hundratal meter öster om OGK. Denna höjd förhöjer horisonten betydligt för området, och fördröjer därigenom den viktiga morgonsolen.

Snötäcket ligger ca 120 dagar per år i detta område, vilket ger ett genomsnitt på ca 180 dagar med tillväxt/säsong, och år 2007 var det 91 dagar med mer än 5 cm snö och 86 dagar med en dygnsmedeltemperatur under 0° Celsius. Totalt antal soltimmar under hela året var 1669. Dessa värden blev uppmätta på Blindern i Oslo centrum (Meteorologisk institutt, 2008).

4.7 Övervintringsskador

Is och vattensskador under höst, vinter och vår (se figur 7) är de mest signifikanta övervintringsskadorna och har varit en stor utmaning för OGK. Klimatförhållandena har också lett till andra typer av problem såsom olika typer av svampangrepp. Snömögel är en växtsjukdom orsakad av svampen *Monographella vivalis* (se figur 8 och 9), som under långa vintrar med snö kan orsaka stor skada (Nationalencyklopedin, 2009). De gamla greenerna på OGK återhämtade sig inte efter vintern förrän mitten eller slutet av juni, vilket framtvingar spel på temporära greener från vår till tidig sommar (STRI, Rapport, 2000).



Figur 7. Övervintrings-, is- och vattensskador. Gamla 8: e green i bakkant jämfört med nykonstruerad sandbaserad växtbädd i framkant av fotot. Foto: C. Jönsson (2007-04-13).



*Figur 8 och 9. Snömögel under snösmältning runt en ytvattenbrunn på fairway.
Foto: C. Jönsson (2007-04-13)*

4.8 Avvattningssituation före ombyggnaden

Den befintliga dräneringen har bestått av flera generationers arbete, med varierande effekt, livslängd och kvalitet. Dräneringsarbetet på golfbanans område har troligtvis startat redan långt före den ursprungliga banan anlades, vilket det rikliga antalet dräneringsrör i tegel (se figur 10) i de befintliga massorna vittnar om. Dessa rör härstammar från den tid då marken användes som jordbruksmark. En stor del av dessa leder vatten än idag, men ett stort antal ger ingen eller dålig effekt, då de kan skapa fuktiga områden, genom att de tätats av material som trängt in genom skarvar eller sprickor. Den äldsta tegeldräneringen består av rör som är 40 cm långa och 30-100 mm i diameter. Rören ligger generellt på frostfritt djup, det vill säga 90-110 cm under markytan (Riiber, pers. medd., 2008).

4.8.1 Dimensionering av nytt dräneringssystem

Avvattningsarbetet är den del av renoveringen som det legat störst vikt på. Dränering av spelytorna är en förutsättning för att kunna uppnå de mål som satts för spel på OGK. Dimensioneringen av det nya dräneringssystemet baserades på krav att banan skulle vara spelbar direkt efter kraftig nederbörd, och aldrig vara ospelbar på grund av ytvatten. Vatten får aldrig bli stillastående på eller i någon växtbädd. Ett regn motsvarande 15-20 mm under en 48 timmars period kunde tidigare föra till att banan var "ospelbar", och därigenom stängdes för spel för att spara banan. Detta skedde främst då jordmassorna redan till stor del varit vattenmättade under vår- och höstperioden, men förekom även under högsäsong (Riiber, pers. medd., 2008).

4.8.2 Befintlig dränering

Betongrör som är 200-500 mm i diameter har lagts i samband med större dikningsprojekt mellan 1970 och 1990. Detta har dels gjorts för att kunna täcka områdena med spelbar yta, men även för att kunna avleda vatten ifrån de största sammanhängande ytorna, som till exempel drivingrangeområde och asfalterade parkeringsytor. De har även tjänat som tillkopplingspunkt för ett flertal sporadiska dräneringsarbeten genom åren. Försök att skapa större sammanhängande dräneringssystem har skett ett flertal gånger under åren, men med en väldigt begränsad effekt, då problemen med ett växtbäddsmaterial som var direkt olämplig för konstruktion av spelytor kvarstod (Riiber, pers. medd., 2008).



*Figur 10. Befintlig tegelrörsdränering som sammankopplas med ny ytvattensbrunn.
Foto: C. Jönsson (2008-04-16).*

Nyare och större sammanhängande dräneringar som anlagts mellan 2004 och 2006 (på hål 2, 12 och 13), med 100 mm diameters dräneringsslang på 90 cm djup, har lagts med 4 meters mellanrum diagonalt över fairway. Dessa visade sig visserligen dränera bort stigande grundvatten, men som i samtliga tidigare fall har detta inte gett helt önskad sluteffekt. Detta berodde på att de befintliga massorna på de mest lerhaltiga områdena av banan fortfarande till viss del led av att ytan tenderade att bli tät och ostabil direkt efter regn, med liten eller obefintlig infiltration av vatten till följd. Detta har i sig bidragit till en försämrad tillväxt, skötseltekniska svårigheter samt en estetiskt mindre tilltalande miljö. Att återuppnå mekanisk stabilitet krävde för lång tid med uppehållsväder. Även dräneringssystemens livslängd, funktion och kapacitet begränsades av de omgivande massor som de blev lagda i. Denna jord är som nämnt inte vad som idag kan kallas för ett gynnsamt växtbäddsmaterial med tanke på dagens bruk, underhåll och typer av gräs som används. Befintliga green- och teområden har inte haft någon dränering alls, med undantag av ett antal tees som anlagts under 1990-talet (Riiber, pers. medd., 2008).

4.8.3 Befintligt växtbäddsmaterial före ombyggnaden

Materialet i grunden på banans område varierade en hel del med banans geografi. De mera högt belägna områdena tenderade att innehålla en sandigare morän med en grövre kornstorleksfördelning, medan jordmånen i de mera lågt belägna områdena tenderade att innehålla betydligt mera lerpartiklar och kunde klassificeras som en tyngre lerjord. De tyngre lerjordarna dominerade området, med undantag för klubbhusområde, delar av 9:e och 7:e fairway, där den sandiga moränen dominerade (Riiber, pers. medd., 2008).

Greenerna bestod generellt av ett 40-100 mm tjockt lager sand som har korn med en något rundad form. Detta lager har byggts upp genom de senaste 10 årens intensiva toppdressning. Under detta skikt låg det ett tunnare lager av ett humusrikt toppdressningsmaterial. Under dessa lager fanns (på en majoritet av greenerna) en silt-/lerjord med omfattande kompaktionsskador. Fairwayområden har dressats med ett tunt lager ren sand 1 gång per säsong de senaste 6-7 åren, dock har detta filtrerats ned och blandat sig med det befintliga materialet under regnväder och inte gett önskad effekt (STRI, 1999).

4.8.4 Analys av befintligt växtbäddsmaterial

Green nr. 1, 4-9 centimeters djup

Porositet	47,1-48,4 volymprocent
Infiltrationshastighet	60-65 mm/h
Viktvolym	1,37-1,4 g/cm ³

Texturanalys, beräknad i viktprocent:

Grov sand	85,9
Fin sand	61,9
Silt	1,8
Ler	2,9
Humus	3,3

Green nr. 1, 12-17 centimeters djup

Porositet	41,4-42,0 volymprocent
Infiltrationshastighet	3,2-14,8 mm/h
Viktvolym	1,54-1,55 g/cm ³

Texturanalys, beräknad i viktprocent:

Grov sand	63,1
Fin sand	18,0
Silt	7,1
Ler	7,3
Humus	4,5

Fairway nr. 2, 6-11 centimeters djup

Porositet	44,3-47,4 volymprocent
Infiltrationshastighet	21-61 mm/h
Viktvolym	1,39-1,52 g/cm ³

Texturanalys, beräknad i viktprocent:

Grov sand, 0,5-1 mm	20,0
Fin sand, 0,15-0,25 mm	23,5
Silt	34,6
Ler	17,2
Humus	4,7

Fairway nr. 2, 15-20cm

Porositet	40,4-42,8 volymprocent
Infiltrationshastighet	1,9-4,3 mm/h
Viktvolym	1,52-1,58 g/cm ³

Texturanalys, beräknad i viktprocent:

Grov sand, 0,5-1 mm	15,2
Fin sand, 0,15-0,25 mm	24,1
Silt	36,1
Ler	20,0
Humus	4,6

Analysen är utförd av Danmarks jordbruksforskning år 1999 enligt den så kallade ISSS-fördelningen (International Soil Science Society). I jämförelse mellan befintlig växtbäddsmaterials beskaffenhet och med USGA:s rekommendationer finns det stora avvikelser, vilket till dels förklarar de problem med ansamlingar av ytvatten som upplevts på banan.

4.9 Uppbyggnad av greener

Greenens uppbyggnad (se bilaga 2) består av ett 100 mm tjockt lager av dräneringsgrus som uppfyller USGA:s rekommendationer, där sedan växtbäddsmaterial som uppfyller USGA:s rekommendationer fungerar som växtbädd. Underst lades en plastduk, som separerar greenen från gamla massor med rester av gammalt gödsel och besprutningsmedel, och även förhindrar sättningar. Plasten fungerar även som ett hinder för vatten att röra sig okontrollerat upp eller ned i markprofilen, vilket kan påverka antalet luftfyllda porer i växtbäddsmaterialet negativt, med syrebrist i rotzonen som följd. Den vertikala plastduken i kanterna av greenen fungerar också som en spärr mot den finare jorden utanför greenen, som annars kan suga åt sig vatten ur greenprofilen. På detta sätt kan det skapas torrfläckar i kanterna av greenen, eller fuktiga områden utanför greenen. På greenområdena ligger dräneringsrör av rektangulär typ, 40 cm under omgivande ythöjd, då omgivningarna runt greenen förses med ett 10 cm tjockt lager med sand (Sternberg, pers. medd., 2008).

Vid appliceringen har växtbäddsmaterialet komprimerats 8-10 %, dvs. 30-35 mm på 350 mm utlagd sand. Komprimeringen har främst skett genom bevattning, men även maskinell komprimering har utförts. Den bästa metoden för att uppnå en jämn och enhetlig markkompaktion har visat sig vara att använda vatten för att stabilisera och kompaktera ytorna vid den maskinella kompakteringen med grävmaskinsskopa (Riiber, pers. medd., 2008).

För att uppnå en fungerande green av hög standard är det av största vikt att det är ett homogent material genom hela växtbädden. Den homogena sandprofilen har en hög perkolationshastighet samtidigt som den behåller vatten kapillärt bundet i profilen, tillgängligt för gräsrötterna (STRI, 2009).

4.9.1 Dränering av green

Alla befintliga dräneringssystem blev ersatta med nya. Samtliga dräneringslösningar på greener är sammankopplade (se bilaga 3) till det gemensamma dräneringssystemets ytvattenbrunnar (se bilaga 4). Detta dels för att ha en överskådlig insyn i dräneringssystemens kondition, men även för att kunna genomföra kontroller av till exempel flöde eller urlakning av näringsämnen. (Sternberg, pers. medd. 2008).

På samtliga greener har rektangulära dräneringsrör med en profil på 1x15" föredragits (se figur 11). En fördel med denna variant av dräneringsrör i just detta projekt är att denna typ av rör låter sig monteras i klimat långt under nollstrecket, såvida grundutformningen är färdigställd. Detta har visat sig vara en outhärlig egenskap i detta projekt som till stor del föregått under stränga vinterförhållanden med djup tjäle i marken. Dräneringssystemen monteras mer eller mindre samman som ett pussel på en plastduk som ligger på grundmaterialet. Dess utformning innebär att en stor kostnad med att gräva diken sparas, samt att mycket tid går att spara på själva läggningen.



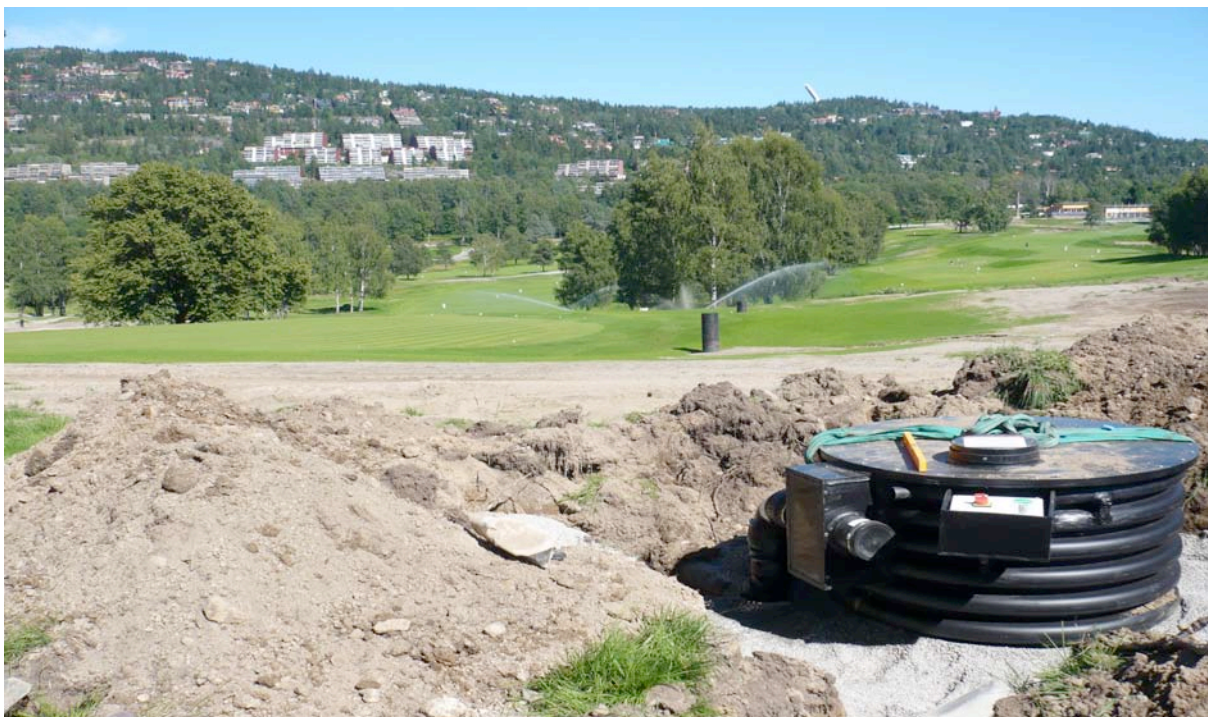
Figur 11. Rektangulära dräneringsrör på 16: e green, OGK. Foto: C. Jönsson (2008-04-24).

Materialkostnaden för systemen med rektangulära rör är betydligt högre, ca 50 norska kronor per meter, mot en traditionell dräneringsslang, som kostar ca 5 norska kronor per meter. Denna kostnad har visat sig bli stort sett den samma per löpmeter färdiglagd dränering, då det inte förutsätter grävda diken att lägga slang eller rör i, med de extra arbeten det innebär (Swedberg, pers. medd., 2008).

4.9.2 Konstruktion av SubAir-system

Ett stationärt SubAir-system (se bilaga 1, figur 12 och punkt 3.3) har monterats till samtliga greener. Främsta orsaken till att dessa monterats har varit att skaffa gynnsammast möjliga växtförhållanden och invintringsförhållanden i växtbädden, och på detta sätt få starkare gräsplantor med bästa möjliga förutsättningar tidigt i säsongen. Tidig tillväxt är alltid en förutsättning för tidigt spel på bra underlag. Detta uppnås genom ett flertal naturliga processer låter sig till viss grad påverkas och förstärkas eller förminskas vid behov. Bland annat bidrar luftströmmen från växtbäddarna och rotsystemen genom undertrycket i dräneringsrören till att mängden vatten i växtbädden minskar till fördel för ett större luftutbyte och tillförsel av syre i växtbädden. Detta är ett system som till stor fördel används på hösten för att minska mängden vatten i växtbädden, före tjälen går ned i marken, då en växtbädd som är vattenmättad vid invintring riskerar att bygga upp vatten underifrån, som i sin tur kan leda till perioder med yt- vatten/is och dess eventuella skador till följd. Systemen ger även en större förutsägbarhet för spel vid större tävlingar under eller efter nederbörd, vilket bidrar till att förpliktelser gentemot spelares förväntningar är enklare att hålla. Att montera 20 st. kompletta system med stationära eldrivna fläktstationer har varit en stor ekonomisk kostnad för klubben och motiveras med att möjligheterna och tillfällena som systemen tas i drift är få och intensiva. Att ha ett eller ett par mobila fläktenheter innebär en väsentligt mindre investering, men också att stora delar av syfte och ändamål med dessa då försvinner. En förutsättning för att uppnå god effekt under OGK:s förhållanden har varit att ha en snabb, effektiv och säker drift av systemen (Riiber, pers. medd., 2008).

Att kunna reglera temperaturen i greenerna förväntas egentligen inte leda till en tidigare tillväxt på våren, då det inte går att uppnå den värme som krävs till detta. Däremot kan kylan som lagras i den nedre greenprofilen tryckas uppåt för att kyla ned växtbädden till önskad temperatur under varma somrardagar. Som nämnt är det också en fördel att kunna reversera luftflödet och suga ut luft till motsats från att tillföra luft, då gaser som bildas vid nedbrytning av det organiska materialet i växtbädden därmed aktivt kan transporteras ut (Augustsson, pers. medd., 2008).



Figur 12. Montering av SubAirsystem på green nr 10, OGK.

Foto: C. Jönsson (2008-04-16, 2008-07-23).



Figur 13. Färdigmonterat dräneringssystem som sammankopplats med ett SubAir-system.

Foto: C. Jönsson (2008-04-16, 2008-07-23).

Separata brunnar för överskottsvatten ifrån dräneringssystemen placerades i fram- och bakkanterna av greenområdena, dock styrde spridningsbilden av luften till och från dräneringsrören var placeringen av själva drivmotorn blev lämpligast. Brunnssystemen som kopplades till SubAir-systemet utgörs av sammankopplade ytvattenbrunnar, som i sin tur är sammankopplade med banans övriga grundvattensdränering. Kontrollpaneler och drivmotorer placerades i största möjliga mån i bakkanterna av greenerna, på platser där de ger minsta möjliga påverkan på spel och greenområdets helhetliga utseende. Själva drivmotorn är av eldriven, stationär typ. Den blev monterad under marknivå (se figur 13), i en 350 kg tung PVC-behållare på 1,4 m i diameter (Sternberg, pers. medd., 2008).

4.9.3 Leverantörer av växtbädds- och dräneringsmaterial

Greensanden levererades ifrån Dansand i Silkeborg, Danmark, och fraktades till Oslo med båt, för att sedan lastas om och transporteras med lastbil till OGK. Totalt användes 12 000 m³ växtbäddsmaterial till greener och tees. Val av sand har föregåtts av ett stort arbete med att undersöka utbud från lokala sandtäkter och grustag, för att finna bästa möjliga grundmaterial. En form för kompromiss blev nödvändig, då det ”perfekta” växtbäddsmaterialet i den volym som påkrävdes vore ouppnåelig till en försvarbar kostnad (Riiber, pers. medd., 2008).

Dräneringsgruset som föredragits är en tvättad 2-4 mm stenkross. Detta grus har föredragits efter provtagningar och tester beträffande dess egenskaper i kombination med dränering med rektangulära rör och det föredragna växtbäddsmaterialet. Gruset levereras av Franzefoss AS, en lokal producent i Oslo-området, och uppfyller samtliga USGA:s rekommendationer för dräneringsgrus (Riiber, pers. medd., 2008).

4.9.4 Specifikation av växtbäddsmaterial använd vid konstruktion av OGK:s greenytor

Följande uppgifter kring växtbäddsmaterial använd till greenkonstruktion på OGK:s bana är hämtade från en analys utförd av European Turfgrass Laboratories (ETL, 2007c).

Infiltrationshastighet		
vid 30cm vatten undertryck	365,0 mm/h	USGA-rekommendation min. 150 mm/h.
Total porositet	39,8 %	USGA-rekommendation 35-55 %
pH	6,0	USGA-rekommendation 5,5-6,5
Partikeldensitet	2,64 g/cm ³	norm ca 2,65 g/cm ³ enligt S. Ferro (2006).
Organiskt material	0,4 viktprocent	SGF-rekommendation 2-4 viktprocent

Enligt Riiber (pers. medd., 2009) beror det låga innehållet av organiskt material dels på att väl nedbrutet organiskt material använts, vilket ger en snabbare tillväxt/etablering av mikroliv i växtbädden. Avdöda växtdelar (gräsrötter och bladresten) ökar under tid naturligt andelen organiskt material i växtbädden väsentligt. Att helt utesluta organiskt material vid anläggning skulle medföra problem vid etablering i den annars rena sanden, då det organiska materialet både håller fukt och näring, vilket är essentiellt för nyetablerade gräsplantor. En för stor andel inblandad organiskt material kan emellertid leda till närings- och vattenbrist då det förbrukas väsentliga mängder till nedbrytningen av denna i växtbädden. En annan oönskad effekt kan vara att infiltrationshastigheten i växtbädden försämras när makroporena fylls upp av organiskt material. För stark tillväxt i tidig fas för etablering kan även leda till sjukdomar, då plantorna inte har hunnit få ett starkt och väl utbrett rotsystem. Enligt Riiber (pers. medd., 2008) anses denna problematik vara en del av orsaken till att USGA inte ger några direkta rekommendationer för inblandning av organiskt material. De rekommendationer SGF publicerar per dags dato bygger som nämnd på tidigare USGA-rekommendationer från 1990-talet.

Kornstorleksfördelning på OGK:s växtbäddsmaterial för greenkonstruktion:

0,1 %	medelgrovt grus	>3,4 mm partikelstorlek
0,9 %	fint grus	2-3,4 mm partikelstorlek
7,5 %	mycket grov sand	1-2 mm partikelstorlek

Total andel medelgrovt/fint grus

och mycket grov sand 8,5 %. USGA-rekommendation <10 % (varav maximalt 3 % grus)

23,2 %	grov sand	0,5-1 mm i diameter
48 %	medelgrovt sand	0,25-0,5 mm i diameter

Total andel medelgrovt och grovt sand 71,2 %. USGA-rekommendation >60 %

17,0 %	fin sand	0,15-0,25 mm i diameter	USGA-rekommendation <20 %
1,9 %	mycket fin sand	0,05-0,15 mm i diameter	USGA-rekommendation <5 %
1,0	silt	0,002-0,05 mm i diameter	USGA-rekommendation <5 %
0,4 %	ler	<0,002 mm i diameter	USGA-rekommendation <5 %

Total andel fin sand, silt och lerpartiklar 3,3 %. USGA-rekommendation <10 %.

Samtliga beräkningar av växtbäddsmaterialet har skett under förhållande som vid ett okomprimerat 20 cm tjockt lager lagt mot befintliga massor. (European Turfgrass Laboratories, 2007c)

En fysisk fördel med den grovkorniga sanden är att den bildar större porer som är tillgängliga för luftutbyte, och på detta sätt ger växtbädden en högre marktemperatur på våren, då det är som viktigast för en tidig och stark tillväxt av gräsplantorna. Föredragen temperatur i växtbädden under tillväxtsången ligger mellan 15 och 20° Celsius (Riiber, pers. medd., 2008).

Det organiska materialet som blandats in består av brunkol, som är ett fossiliserat organiskt material som härstammar främst ifrån växtdelar. Brunkol är gulbrunt till brunsvart i färgen och har en kolhalt mellan 65 och 84 %. Brunkol är ett tidigt stadium av torvs omvandling till stenkol (Nationalencyklopedin, 2009). Den kolen som föredrogs till växtbäddsmaterialet på OGK:s bana hade en humifieringsgrad på 9-10. Den förbehandlades och blandades in i växtbäddsmaterialet vid Dansand AS anläggning i Danmark, där sanden också utvanns (Riiber, pers. medd., 2008).

4.10 Konstruktion av fairwayområden

Ytvattendräneringen på fairwayområdena har optimerats genom att skapa mindre tillrinningsområden. Samtliga områden (se bilaga 3) utformades till trattformade "minigreener" för att det skall ske en snabb och effektiv ytavrinning ned till lågpunkter i mitten av dessa (se figur 14 och 15). Ytorna grovplanerades med hjälp av bulldozrar (Sternberg, pers. medd., 2008).

I varje individuellt tillrinningsområdes lågpunkt sitter det en brunn bestående av ett 1,4 m långt perforerat plaströr med en diameter på 400 mm, täckt med ett perforerat plastlock (se bilaga 4). Brunnen har ett utlopp till en i terrängen lägre belägen brunn eller plats för vattenmagasiner, och ofta ett inlopp från en högre belägen ytvattenbrunn. Dessa in- och utlopp varierar i dimension efter storleken på ytan som de dränerar, och dess rör är lagda i ett lager med drängrus med partikeldiameter på 8-12 mm. Brunnen står i samma typ av dräneringsgrus (partikelstorlek 8-12 mm) som grundvattendräneringen lagts i, med ett 50 mm tjockt lager dräneringsgrus med diameter 2-4 mm överst, som tätar av lagret mot den sandbaserade växtbädden på fairwayområden.

Runt brunnen konstruerades en 30-40 cm djup grusbädd i ett cirkulärt område som är 400 cm i diameter (se figur 14, 15 och bilaga 4). Denna grusbädd fungerar som filter och reglerar infiltrationshastigheten (motsvarande en greens dräneringsgruslager) i det känsliga området just runt brunnen (Sternberg, pers. medd., 2008).



*Figur 14. "Minigreener", för reglering av infiltrationshastighet runt ytvattenbrunnar.
Foto: C. Jönsson, (2007-10-25).*



Figur 15. Slitsad ytvattenbrunn vid kraftig nederbörd, sedd ovanifrån. Foto: C. Jönsson, (2009-04-13).

På botten av grusbädden lades en dräneringsslang (100 mm i diameter) i en ring i den yttre kanten på botten, med två inlopp kopplade till brunnen. Underst på botten av grusbädden lades en geotextilduk, för att inte massorna skulle blanda sig med varandra. I botten av brunnen finns det ett 30-40 cm djupt sandfång för att samla slam och partiklar, samt för att förhindra dessa från att gå vidare i rörsystemet. Sandfången möjliggör även en eventuell framtida rensning av systemet. Det har anlagts sammanlagt 350-400 ytvattenbrunnar i fairway, greener och ruffområden, med goda förutsättningar till att kunna expandera och komplettera dräneringssystemen i framtiden om detta skulle bli nödvändigt (Sternberg, pers. medd., 2008).



Figur 16 och 17. Ytvattendränering, 15:e fairway (2007-08-11) respektive (2008-07-03), då det anlagts små avrinningsområden ned till varje ytvattensbrunn. (Foto: C. Jönsson)

4.10.1 Grundvattendränering

För att reglera grundvattennivån lades ett nätverk (se bilaga 6) av dräneringsrör på 100-120 cm djup mellan brunnarna på fairwayområdena (se figur 18). Dessa rör hade en diameter från 110 mm, upp till 350 mm nederst i systemen (Sternberg, pers. medd., 2008).



*Figur 18. Grundvattendränering som är sammankopplade med ytvattenbrunnar
Foto: C. Jönsson (2007-10-26).*

Befintliga dräneringslösningar såsom gamla tegeldräneringar eller nyare dräneringsrör av PVC, kopplas in till nytt system för att förhindra att nya fuktiga områden uppstår (Riiber, pers. medd., 2008).

4.10.2 Växtbäddsdränering

För att ytterligare dränera växtbäddarna lades ett system med dräneringslang (50 mm i diameter) i fiskbensmönster ut ifrån varje brunn (se figur 19 och bilaga 7). Dräneringsslangen lades i 30 cm djupa schakt i underliggande befintlig jord och täcktes med 0-2 mm sand, samma typ av sand som användes till växtbädden på fairwayområdena (se 4.10.5). För att förhindra sedimentering i slangen leds vatten från fiskbensdräneringen ut i grusbädden för att sedan tas upp i rörsystemet runt brunnen igen (se bilaga 4). På OGK:s bana varierar jordmånerna så kraftigt att det inte är möjligt att använda dräneringsgrus och få önskad effekt utan att få en viss migration av fina partiklar in i dräneringsgruset. Sanden som använts vid dräneringen ger en bättre och snabbare dränering av omkringliggande befintlig jord jämfört med exempelvis dräneringsgrus på 2-4 mm i diameter, då dess porstorlek är närmare jordens naturliga.

Det användes samma sand som vid konstruktion av växtbäddarna på fairwayområdena (0-2 mm i diameter) hela vägen ned till dräneringsslangen. Därmed erhålls ett mycket bra vattenflöde och ett minimalt område där kapillärkrafterna i sandgrunden avbryts, samtidigt som risken för igenslammade system minimeras. Det största dokumenterade problemet med dessa typer av system har varit migration av partiklar från omkringliggande befintlig jord in i dräneringsgruset, som normalt används vid sådana här installationer. Detta har legat till grund för det noggranna valet av material vid denna omfattande ombyggnad. Total infiltrationsdränering på samtliga 18 hål anslås till 31 000 löpmeter dräneringsrör (Sternberg, pers. medd., 2008).



Figur 19. Infiltrationsdränering lagda i fiskbensmönster som utgår ifrån en ytvattenbrunn. Foto: H. Lundin (2008).

Enligt Sternberg (pers. medd., 2008), är det förhållandevis lätt att hitta ett dräneringsgrus som fungerar med olika sand, men det är svårt att hitta ett som samtidigt klarar av flera olika jordmåner.

4.10.3 Konstruktion av växtbädd på fairwayområden

Grovplanering av växtbäddar på fairwayområdena utfördes med hjälp av Cat DC5/6 bulldozrar. Finjusteringar har utförts med maskinella bunkerkrattor och traktorer med skrapblad monterat baktill. Sanden till växtbäddarna transporterades ut till områdena med 10 tons dumpers (se figur 20 och 21), där den schaktades ut och kontrollmättes med hjälp av en "handprobe" (mätsticka i metall som mäter avstånd ifrån yta till underliggande material) för att få närmast möjligt exakt riktig tjocklek. På svårtillgängliga områden, samt greenområden och teeområden, lades sanden ut med hjälp av 16-20 tons grävmaskiner, utrustade med rototilt (en utrustning som ger operatören möjlighet att vinkla och/eller rotera det redskap, exempelvis grävsropa, som sitter monterat på grävmaskinen) och planeringsskopor, för att säkerställa jämna konturer och övergångar i massorna och en hög kvalitet på arbetet. Sandens tjocklek på fairway är 200 mm efter kompaktering, och de yttersta fem meterna av växtbädden jämnades ut och anpassades till terrängen. Delar av den yttersta sanden blandades in i befintlig massa för att skapa naturligast möjlig övergång mellan fairway och ruffområden. Ytorna komprimerades allt eftersom de lades ut, med hjälp av vatten och tyngden av maskinerna. Före sådd jämnades ytorna på nytt, denna gång med hjälp av lättare traktorer utrustad med ett skrapblad kallad "boxblade". Samtliga transporter av sand till fairway med fördel skett på tjälad mark p.g.a. det höga marktrycket ifrån dumprarna och en ofta upprepad körning på samma område (Sternberg, pers. medd., 2008).



Figur 20, 21. Transport och grovplanering av växtbäddsmaterial på fairwayområden, med bulldozer och 10 tons dumpers. Foto: C. Jönsson (2008-02-09).

4.10.4 Växtbäddsmaterial vid konstruktion av OGK:s fairwayområden

Följande uppgifter kring växtbäddsmaterial använd till fairwaykonstruktion på OGK:s bana är hämtade från en analys utförd av European Turfgrass Laboratories (ETL, 2007b).

Infiltrationshastighet vid	
20 cm vatten undertryck	361,1 mm/h.
Total porositet	39,8 %
pH	7,6
Organiskt material	0,1 volymprocent
Partikeldensitet	2,67 g/cm ³

Kornstorleksfördelning

0,1 %	medelgrovt grus	>3,4 mm partikelstorlek
1,9 %	fint grus	2-3,4 mm partikelstorlek
8,8 %	mycket grov sand	1-2 mm partikelstorlek
34,2 %	grov sand	0,5-1 mm partikelstorlek
39,7 %	medelgrov sand	0,25-0,5 mm partikelstorlek
10,8 %	fin sand	0,15-0,25 mm partikelstorlek
3,3 %	mycket fin sand	0,05-0,15 mm partikelstorlek
1,0 %	silt	0,002-0,05 mm partikelstorlek
0,2 %	ler	<0,002 mm partikelstorlek

Total andel medelgrov och grov sand 73,9 %

Total andel medelgrovt grus, fint grus och mycket grov sand 10,8 %

Samtliga beräkningar av växtbäddsmaterialet har skett under förhållande som vid ett komprimerat 20 cm tjockt lager lagt mot befintliga massor vid ett undertryck på 20 cm vattenpelare (0,02 bar). Infiltrationshastigheten överstiger USGA rekommendationer vid 20 cm vatten undertryck. Andelar vatten- och luftfyllda porer faller inom rekommenderade normer för att uppfylla USGA:s standard (European Turfgrass Laboratories, 2007b).

Minsta krav från OGC angående växtbäddsmaterialets infiltrationshastighet, är att den skall ligga mellan 275-350 mm/h i färdigt planerade och komprimerade växtbäddar. USGA:s rekommendationer anger minimum 150 mm/h. Detta är ett krav som satts för att förhindra/förebygga för stor tillväxt av organiskt material på toppen av växtbädden, då de föredragna grässorterna är starkt benägna att bilda detta. Detta kan i sin tur skapa syrebrist i rotzonen. Att använda en något grövre sand ses som en långsiktig lösning då bättre infiltrationsförmåga förväntas leda till förbättrad övervintringsförmåga, och en mindre andel gräsplanter som dör av frostsador. Infiltrationshastigheten förväntas att om 5 år reducerats till ca 200 mm/h på grund av ökad andel organiskt material i de övre lagren. Driftskostnaderna för att underhålla och sköta en yta med så hög infiltrationshastighet förväntas öka väsentligt efter ombyggnaden, på grund av att det krävs intensivare bevattnings- och gödslingsinsatser. Ökade driftskostnader för dessa typer av underhåll bör ställas upp mot vad effekten av en dålig övervintring innebär av frostsador, svampangrepp med mera. (Riiber, pers. medd., 2008).

Materialet i växtbäddarna har komprimerats ca 10 %, det vill säga 25 mm på 250 mm utlagd sand. Komprimeringen har skett genom bevattning, och maskinell komprimering med D5/6-bulldozrar och traktor som kört upprepade gånger över ytorna (Riiber, pers. medd., 2008).

4.11 Konstruktion av bunkrar

Utformningen (se bilaga 5) och placeringen av bunkrarna har förändrats och anpassats till den nya banans utformning. Bunkerkanterna har täckts med en jord som består av 50 % sand och 50 % inblandad matjord. Detta har gjorts för att förhindra uttorkning i de branta kanterna, som i många fall har en extra utsatt sydvänd sida. Det nya antalet bunkrar är 48, vilket ger en total bunkeryta på ca 5000 m² och en medelstorlek på dryga 100 m² (Riiber, pers. medd., 2008). Samtliga bunkrar är sammankopplade närmaste ytvattenbrunn med dräneringsrör som är 110 mm i diameter (se bilaga 3). Från ytvattenbrunnen leds vattnet vidare ut till stamledningen (Sternberg, pers. medd., 2008).

Den metod som föredragits vid dränering av grunden i bunkrarna är applicering av en porös och flexibel betong med goda dränerande egenskaper. Denna grund fungerar samtidigt som ett materialskiljande lager mellan terrass och bunkersand. Tanken är att denna skall förhindra sten och dräneringsgrus från att förorena bunkersanden, samtidigt som den underlättar och effektiviserar det dagliga underhållet genom minskad erosionsbenägenhet. Det blev lagt vikt på leverantörens rekommendationer om att betongen borde vara flexibel för att undgå frostsador, då den skulle anläggas i marknivå i ett geografiskt område som ofta har ett tjäldjup som överstiger 1 m (Riiber, pers. medd., 2008).

Den produkt som använts heter Sportcrete, och är en silikat-baserad produkt som tillsatts härdningsmedel, vätmedel och ett mineralbaserat grundmaterial. Materialet är snabbhårdande, och spelbar efter 24 timmar om det skulle krävas. Infiltrationshastigheten i Sportcrete när den är färdigt utlagd, kompakterad och härdad, ligger på upptill 2500 mm/h, vid bruk av specificerat dränerande material. Rekommenderat material vid konstruktion med Sportcrete är en granitkross med partikelstorlek 0-6 mm, eller likvärdig mineral som testats med hänsyn till detta ändamål, där minimikravet är 250 mm/h infiltrationshastighet. Färdigbehandlad yta uppskattas att vara mer än 5 gånger mera flexibelt än jämförelsevis asfalt (Sportcrete, 2008).

Konstruktionen förväntas bidra till ekonomiska besparingar, då den hjälper till att hålla kvar bunkersanden i de brantaste kanterna av bunkrarna, och därmed förhindra att de eroderas bort i samma utsträckning som tidigare. Erosion kan annars medföra kostnader och tidskrävande skötsel under de mest nederbördsrika perioderna och vid vårens uppstart av golfsäsongen (Riiber, pers. medd., 2008).

4.12 Konstruktion av tees

Växtbäddens generella konstruktion/profiluppbyggnad (se bilaga 2) motsvarar greenernas specifikationer. Det har dock valts att montera dräneringsrören i ett diagonalt mönster (se bilaga 3) för att anpassa dem till den rektangulära eller kvadratiska utformningen av ytan. Det har även här använts rektangulära dräneringsrör. Lutningen som eftersträvas på tees är generellt 1-2 %. Den riktningen som ytans lutning har motsvarar lutningen på det landningsområde golfaren förväntas sikta på vid utslag. Vid uppförsbacke i landningsområdet lutar tee bakåt, och vid nedförsbacke i landningsområdet lutar tee framåt (Riiber, pers. medd., 2008).

4.13 Dränering av ruffområden

Då OGK:s område har flera generationers dräneringar, har det uppstått en del nya fuktiga områden med tiden, dels på grund av att många befintliga tegeldräneringar har grävts av vid markarbeten, men även på grund av att mycket ruffareal har omformats och fått ändrat lutning. Vattnet har då funnit nya vägar att förflytta sig. Mycket av ytvattnet har letts ut från green-/fairwayområden och ut till ruffen, vilket därmed lett till ett ökat behov av en effektiv dränering i ruffområdena (Riiber, pers. medd., 2008). Större avrinningsområden lik de som blivit anlagda på fairwayområdena (se 4.10.1) har grovutformats där de lutar in emot ytvattenbrunnar eller öppna diken, som i sin tur transporterar vattnet ut i de större transportrören (Sternberg, pers. medd., 2008).

5. Resultat

Inte alla resultat efter en ombyggnad av en golfbana är mätbara eller enkla att redovisa. Faktorer som går att redovisa på ett mera representativt sätt, kan dock vara antal dagar med försvarbart spel eller antalet spelade runder golf per säsong. Det som inte framgår av denna form för statistik är självfallet hur spelarna upplever golfrundan. Antalet spelade runder golf och dagar med försvarbara spelförhållanden behöver inte alltid överensstämja med hur bra golfupplevelse en bana ger. Ett önskvärt resultat ifrån klubbens sida, förutsattes emellertid att vara att man fick en betydligt längre säsong, med förbättrade spelförhållanden under en längre period.

Rent fysiska mätbara resultat kan vara att jämföra tidigare konstaterade infiltrationshastigheter på de gamla spelytorna med de nya, färdigetablerade spelytorna. Nackdelen med detta är att banan inte haft mer än 1-2 säsonger att etableras, och det är för tidigt att göra en fullständig och rättvis konklusion av denna, då växtbäddsmaterial och vegetation förändrar det ursprungliga växtbäddsmaterialets egenskaper med tiden. De uppgifter som finns, baseras på laboratorieundersökningar av befintliga kontra nya växtbäddsmaterial, och är de enda mått som går att rent objektivt ställa mot varandra. Exemplet som tidigare nämnts (se 4.8.4), den odränerade fairway nr. 2 på OGK, hade tidigare en infiltrationshastighet på 21-61 mm/h vid 6-11 cm djup, och endast 1,9-4,3 mm/h vid 15-20 cm djup. Jämför man denna med det nya växtbäddsmaterialet, som har en tillsvarende kapacitet på 361 mm/h får man en bild på hur stor skillnad i fysiska egenskaper växtbäddsmaterialen har. Tidigare greeners dräneringskapacitet/hastighet kan jämföras med fairwayytornas fysiska egenskaper. Även här har samma ursprungsmaterial med stor andel ler/silt legat till grund i en odränerad växtbädd som dressats upp 40-100 mm. I tillägg har samtliga nykonstruerade växtbäddar ett dräneringssystem som effektivt leder bort överskottsvatten. Växtbäddarna återuppnår snabbt dess mekaniska stabilitet efter att de eventuellt mättats med vatten.

Per dags dato (efter 1-2 säsonger av tillväxt) finns det dock inga nya uppgifter tillgängliga om aktuell infiltrationskapacitet i de nya växtbäddarna.

Tidigare växtbäddar hade en väldigt lång och kostsam period av "återställning", då infiltrationskapaciteten i växtbädden inte var tillräcklig och dräneringssystem helt eller delvis saknades. Ytvatten dränerades då inte bort effektivt, utan stannade i ansamlingar på spelytan. För de tekniska lösningar som använts och tillämpats i detta fall, är inte heller resultatet här givet än. För att få ett slutligt resultat av vad ombyggnaden ledit till måste man betrakta utvecklingen över en längre period, antagligen flera år. Konsekvenserna av olika konstruktionslösningar är inte alltid uppenbara vid tidpunkten för färdigställande av en golfbana. För att få ett grästäcke med ett fungerande och väletablerat rotsystem krävs det dessutom flera säsonger av tillväxt och etablering av mikroliv i växtbädden. Ett väletablerat grästäcke leder till förbättrade strukturella förhållanden i grunden, vilket är väsentligt för att binda sandpartiklar och på detta sätt skapa en stabil, jämn och slät spelyta. Detta är i sin tur en förutsättning för en bra spelupplevelse.

6. Diskussion

Ombyggnaden bör ses som en nödvändig investering för framtiden, då banan numera är anpassad efter dagens spel och behov, och inte längre gradvis får försämrade förutsättningar och spelförhållanden. Att en omfattande och kostsam ombyggnad med ett totalt spelstopp var ett måste, var samtliga involverade parter överens om. Arkitekt Steve Forrest betonar vikten av att ombyggnaden skulle vara lönlös utan de omfattande dräneringsarbetena och förbättringen av fairwayområdenas växtbäddar. Att en mera långsiktig förutsägelse av klimatet i dessa regioner sedan talar för att det blir periodvis nederbördsrikare med mildare vintrar, motiverar att möta framtida behov på detta sätt. Klimatets inverkan har också gett motivering till typen av greendränering, i form av rektangulära dräneringsrör, som föredragits i projektet då det var en viktig faktor till att de hårt pressade tidsplanerna förlöpte som planlagt. Att inte kunna konstruera de tidskrävande greener, tees och omgivningar under vintermånaderna skulle kunna i värsta fall leda till ännu en säsong med ombyggnad och etablering, vilket hade medfört stora konsekvenser.

Fairwayområdena, som tidigare varit problemfyllda på grund av dåliga markegenskaper och bristfällig dränering, förväntas för framtiden är att vara fria ifrån ytvatten.

Bunkrarnas nya utformning förväntas ge betydligt bättre förmåga att dränera undan vatten, och i motsats till tidigare, ett rimligare underhåll med ett mindre antal timmar som går till återställningsarbeten efter nederbörd. Till motsats ifrån tidigare bunkerkonstruktioner kommer antalet tillfällen då bunkrar varit ospelbara på grund av ytvattenansamlingar vara minimerat.

Greenernas kvalitet (både tekniskt och estetiskt sett) förväntas ökas avsevärt i de numera rekonstruerade spelytorna. Växtbäddsmaterialet är homogent, och det finns i motsättning till tidigare ett helhetligt dräneringssystem som möjliggör en betydligt gynnsammare växtbädd. Detta bidrar till ett mera homogent grästäcke som har en större resistens och motståndskraft mot yttre påverkan. Estetiskt bidrar detta till ett mera helhetligt intryck, där valet av grässorter varit essentiellt.

Metoder, material och tillvägagångssätt som tillämpats under konstruktionen har baserats i största möjliga mån på erkänd och väl beprövad kunskap. Rekommendationer ifrån USGA har i stort sett legat till grund för allt arbete som genomförts på banan.

Val av material för konstruktion av växtbäddar under ombyggnaden har skett med stor hänsyn till USGA:s rekommendationer. Undantaget är andelen organiskt material i växtbäddsmaterialet (endast 0,4 viktprocent) för greenkonstruktion, som är något lägre än tidigare rekommenderat av USGA. USGA har numera slutat att rekommendera en exakt mängd inblandat organiskt material, då många faktorer spelar in, och de därför anser det som svårt att ange en specifik mängd. Faktorer som spelar in för andelen inblandat organiskt material i en växtbädd kan vara typ av gräs, närings och vattentillgång, det eventuellt inblandade organiska materialets egenskaper, klimat, skötselintensitet/typ av skötsel och växtbäddsmaterialet ursprungliga perkolationshastighet. OGC:s främsta motivering för att välja ett lågt innehåll av organiskt material har varit att den typ av gräs som använts (krypven, *A. stolonifera*) har en förmåga att naturligt bilda mycket organiskt material under kort tid. SGF däremot rekommenderar fortfarande en specifik mängd, 2-4 viktprocent. SGF:s rekommendationer är dock baserade på USGA:s rekommendationer, i detta fall något föråldrade sådana.

Det intryck jag fått under min litteratur- och fallstudie är att insamling av referenser/erfarenhet och tester bör genomföras före man fastställer mängden av organiskt material i växtbäddsmaterialet. Att ha en andel organiskt material som närmar sig 4 viktprocent när växtbäddsmaterialet väl är blandat, fraktat, utlagt/planat och etablerat kan vara ett stort risktagande och en väldigt dyrköpt erfarenhet för en golfbana.

Det är svårt att redovisa en objektiv verkan av det SubAir-system som monterats på OGC. Detta beror på att det per dags dato veterligen inte finns något bra referensobjekt att jämföra med, som har samma typ uppbyggda greener och samma förutsättningar (klimat, växtbäddsförhållanden och grästyp). Den antagna funktionaliteten bygger i stor grad på teori. SubAir-systemet är som jag förstått en relativt ny

teknik i Skandinavien som inte testats särskilt ingående under rådande förhållanden/klimat. Det finns knappt en handfull golfbanor i Skandinavien som använder sig av denna nya teknik, och egentligen inga banor hittills som använder den lika intensivt som OGK (OGK har för närvarande totalt 20 system i drift). Jag anser det dock att vara logiskt att det knappast kan vara till någon nackdel att tillföra extra syre till gräsrotsystem, extrahera nedbrytningsgaser ur växtbädden, ha en förbättrad kontroll över växtbäddens temperatur eller öka perkolationshastigheten i växtbädden. Detta är egenskaper som kombinerad onekligen kan ge stora fördelar vid vårens uppstart efter en lång och intensiv vinterperiod. Men som tidigare nämnt i mitt arbete, finns det inga för mig tillgängliga skriftliga akademiska studier eller belägg för att påstå detta. För tillfället finns det ej heller några specifika rekommendationer eller kommentarer ifrån verkens USGA eller SGF att tillförlita sig till.

Även bruk av Sportcrete i bunkrar är en relativt ny företeelse för skandinaviska golfbanor. Några opartiska, akademiska, fleråriga försök/resultat har för mig även här varit omöjliga att införskaffa per dags dato. För tillfället finns det heller inte här specifika rekommendationer eller kommentarer ifrån verkens USGA eller SGF att tillförlita sig till. Tanken med Sportcrete är dock att produkten skall ge en ökad infiltrationshastighet i bunkerprofilen samt ha en materialskiljande egenskap mellan bunkersand och terrass/dränering. Produkten förväntas ha en god effekt med tanke främst på ökad teknisk livslängd, då massor inte blandar sig med varandra. Detta kan annars vara ett stort problem med kostbara utbyten av sand till följd, som i många fall är en dyrbar bunkersand. Att bunkersanden sedan ligger mera stabilt först och främst i lutande kanter under kraftig nederbörd anses vara ett stort plus, då detta besparar banans greenkeepers stora och tidskrävande förflyttningar av bunkersanden.



Figur 22. Slutresultatet efter den omfattande ombyggnaden av 14: e greenområde, Foto: H. Lundin (2008-09-19).

Avverkningen av träd och grovplaneringen av de stora ytorna har lett till ett öppnare landskap och bättre sikt utöver Lysakerelva och Bogstadvannet. Det unika läget som golfbanan ligger på kommer mera till sin rätt. Greener, tees och fairwayytor ligger nu under mindre skugga än förut, vilket leder till en jämnare och starkare tillväxt av gräset, med en större hårdighet mot slitage, som tidigare varit en bidragande faktor till de mycket begränsande växtförhållanden.

7. Slutsats

Det kan förväntas att Oslo golfklubb kommer att få en säsong med flera dagar där banan kan visa sin yppersta kvalitet, då det dels numera finns en betydligt högre andel luftfyllda porer i växtbädden än tidigare. Dessa möjliggör en större utbyteskapacitet av uppvärmd luft vilket sin tur leder till en förhöjd marktemperatur under våren. På grund av den nya designen med förbättrad dränering kommer det under våren att uppstå betydligt mindre problem med stillastående vatten och is, vilket tidigare ofta resulterat i växttekniska problem och försenad öppning av banan. Snösmältningen och transporten av dess vatten förväntas ske under kortare period än tidigare, till stor del beroende på det stora antalet ytvattenbrunnar, den väl utarbetade ytvattensdräneringen och infiltrationsdräneringen som snabbt och effektivt leder undan vatten, men även det faktum att banans layout nu innefattar betydligt mindre vegetation som ger skugga. Antalet dagar då banans spelytor varit vattenmättade och ostabila som tidigare omöjliggjort allt spel och underhåll, kommer i framtiden med största sannolikhet att reduceras till ett betydligt mindre antal dagar än förut, vilket gynnar både spelarnas tillgänglighet till banan och personalens möjlighet att tillhandahålla en hög kvalitet på skötseln. Headgreenkeepers förväntningar är att det numera skall vara mycket goda spelförhållanden från 10-15:e maj till 10-15:e oktober efter uppgraderingen. Detta är 2-3 månader längre än tidigare.

Banan har numera även blivit säkrare för både spelare och greenkeepers efter omfattande sprängningsarbeten, vilket även bidragit positivt till den totala golfupplevelsen, då de tidigare mest skydda områdena nu försvunnit.

Konstruktionens tidplan har hållits och en extremt nederbördsfattig höst 2007 var till stor hjälp. Det var egentligen inte några dagar med fullständig stopp i produktionen. Detta har även varit en bidragande faktor till att man vid renoveringen höll samtliga kostnader inom satta ramar. Gynnsamma valutförhållanden gav även en viss minskning av kostnader för materialinköp, detta i sin tur gav närmare 10 miljoner norska kronor till att utföra arbeten utanför angiven entreprenad. Till exempel kunde permanenta SubAir-system, monteras.

Det utarbetades ett "funktionsansvar" som tillägg till kontraktet, vilket inte alltid är självklart vid golfbaneanläggningar. Detta blev aktuellt efter att projektets omfång stod klart, då detta är ett tekniskt sett innovativt bygge under givna förutsättningar, där projektet innefattar flera olika underentreprenörer till MS Golf AB. Detta ansvar förväntas ge en snabb och effektiv respons vid behov ifrån OGC:s sida under de kommande tre åren, vilket ger en ökad trygghet inför första säsongen på den nya banan.

De nya växtbäddarna har numera en flerdubbel infiltrationshastighet jämfört med föregående växtbäddar, vilket leder till en mekaniskt stabilare och mera homogen växtbädd. Spelytorna blir spelklara betydligt snabbare än tidigare efter kraftig nederbörd. Konceptet med ondulerade spelytor som snabbt och effektivt leder ned ytvatten till ett stort antal ytvattenbrunnar på fairways har varit en av de större förändringarna av banans karaktär. Detta har dock varit en förutsättning för en snabb och effektiv avvattning av spelytorna, och det är ju trots allt ökad och förlängd tillgänglighet till goda spelytor som en rekonstruktion av dessa syftar till.

Arkitekten Steve Forrests slutsats är lika entydig till behovet av en både kostsam och tidskrävande ombyggnad som medlemmarnas representanter, och så här uttalar han sig på sin hemsida:

"There was no sense in bettering the golf experience if that experience lasted only two months a year, and it's an amazing drainage system, to be honest - the most extensive and expensive I've ever seen. It's what made this a \$10 million project. Of course, the U.S. dollar has rarely been weaker and you can spend \$30 on a hamburger here. Oslo is a wonderful city, but it's definitely the most expensive place I've been, save a few specific parts of downtown Manhattan." -Steve Forrest, 2008

Utvärdering och respons ifrån klubbens medlemmar väntas med spänning efter första säsong med spel på den nya banan.



Figur 23. OGK:s nya layout (www.oslogk.no, 2008-10-15).

8. Referenser

- Baker, S. W., 2006. *Rootzones, sands and topdressing materials for sportsturf*. Bingley: The Sports Turf Research Institute (STRI).
- Brede, D., 2000. *Turfgrass maintenance reduction handbook: sports, lawns and golf*. Chelsea, Michigan: Ann Arbor Press.
- Danmarks jordbrugsforskning, afd. Plantevækst og jord, 1999. *Analyse, struktur og hydraulisk ledning*. Källa: Danmarks jordbrugsforskning. [internt dokument] Oslo: OGK.
- Eriksson, J. Nilsson, I. Simonsson, M., 2005. *Wiklanders marklära*. Lund: Studentlitteratur.
- European Turfgrass Laboratories, 2007a. *Testrapport växtbäddsmaterial/dräneringsgrus 2007-06-26*. [internt dokument] Oslo: OGK.
- European Turfgrass Laboratories, 2007b. *Testrapport fairwaysand 2007-07-26*. [internt dokument] Oslo: OGK.
- European Turfgrass Laboratories, 2007c. *Testrapport greensand 2007-07-26*. [internt dokument] Oslo: OGK.
- Ferro S., 2006. *Physical soil testing*. [pdf]
Tillgänglig: <<http://turf.lib.msu.edu/2000s/2006/061109.pdf>>
- Hermanssen T., 2005. *Baneguide*. I: *Golfatlas, Oslo*. [internt dokument] Oslo: OGK.
- Herrmann, A., 2007. *Publ. Turfseed Europe*. Dublin: TSE.
- Hills A., Forrest S., 2008. *Arthur Hills, Steve Forrest and Associates, International Golf Course Architects*. [websida] Tillgänglig: <www.arthurhills.com> [Besökt 2008-09-11].
- Kenna, M., u.å. *Research Summaries for the Construction and Maintenance of Greens*. [elektroniskt dokument] Tillgänglig: <http://www.usga.org/turf/articles/construction/greens/research_summaries.html> [Besökt 2009-01-20].
- Loricks, B., 1999. *Golfbanedesign*. [pdf] Tillgänglig: <<http://sgf2.golf.se/pdf/service/golfbanedesign.pdf>> [Besökt 2009-01-15].
- McIntyre, K., Jakobsen, B., 2000. *Practical Drainage for Golf, Sports Turf and Horticulture*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Meteorologisk institutt, 2008. [websida] Tillgänglig: <<http://retro.met.no>> [Besökt 2008-09-11].
- Meteorologisk institutt, 2008. [websida] Tillgänglig: <<http://www.yr.no/sted/norge/oslo/oslo/oslo/statistikk.html>> [Besökt 2008-11-25].
- Moore, F.J. (2004a) *Revising the USGA's Recommendations for a Method of Putting Green Construction*. [Elektronisk dokument]
Tillgänglig: <http://www.usga.org/turf/green_section_record/2004/may_june/revising.htm> [Besökt 2009-01-15].

- Moore, F. J. (2004b), Green section staff. *Tips for success*. [Elektroniskt dokument]
Tillgänglig: <<http://turfweb.lib.msu.edu>> [Besökt 2009-01-15].
- Moore, F. J. (1999), Green section staff. *Quality Control Guidelines*. [Elektroniskt dokument]
Tillgänglig: <http://www.usga.org/turf/articles/construction/greens/quality_control.html>
[Besökt 2009-01-15].
- Nationalencyklopedin, 2009. *Snömögel*. [elektronisk lexikonartikel]
Tillgänglig: <www.ne.se/sn%C3%B6m%C3%B6gel> [Besökt 2009-02-20].
- Oslo golfklubb, styrelsen, 2007. *Rapport fra årsmøte*. Oslo: OGK.
- Oslo golfklubb, 2008. *Oslo golfklubb*. [websida] Tillgänglig: <<http://www.oslogk.no>>
[Besökt 2008-09-11].
- Sederholm J., 1998. *Situationsrapport OGK*. [intern arkitekturrapport] Oslo: OGK.
- Sportcrete Limited, 2008. *Sportcrete for Golf Bunkers*. [websida] Tillgänglig:
<<http://www.sportcrete.com/sportcrete-for-golf-bunkers.php>> [Besökt 2008-10-10].
- Sports Turf Research Institute, 1999. *Golf course architectural survey, OGK*.
Källa: STRI; Bingley. [internt dokument] Oslo: OGK.
- SubAir systems LLC, 2008. [websida] Tillgänglig:
<<http://www.subairsystems.com/SubAir/Works.htm>> [Besökt 2008-10-25].
- SubAir Systems LLC, 2009. *User's guide*. Graniteville, South Carolina: SubAir Systems, LLC.
- Svennberg S., 1999. *Så bygger vi en golfbana*. [pdf] Tillgänglig:
<<http://sgf2.golf.se/pdf/service/sabygg2.pdf>> [Besökt 2009-01-20].
- Svenska Golfförbundet, Bankommittén, 1992. *Banskötselhandbok*. Danderyd: SGF.
- Svenska Golfförbundet., 2003. *Greenbyggnad*. [pdf] Tillgänglig:
<<http://sgf2.golf.se/pdf/service/sabygg2.pdf>> [Besökt 2009-01-15].
- Turf management, 2009. *Green Construction, FAQ*. [elektroniskt dokument] Tillgänglig:
<http://www.usga.org/questions/faqs/turf_grass_const.html#2> [Besökt 2009-01-15].
- Turgeon, A.J., 2008. *Turf grass management, 8:th edition*. Columbus, Ohio: Pearson Prentice Hall.
- USGA, 2004. *USGA recommendations for a method of putting green construction*. [elektroniskt dokument] Tillgänglig: <http://www.usga.org/turf/course_construction/green> [Besökt 2009-01-15].
- USGA Green Section, 2009. *Physical Soil Testing Laboratories*. [elektroniskt dokument] Tillgänglig:
<http://www.usga.org/turf/course_construction/physical_soil_testing.html> [Besökt 2009-01-15].
- Viacon, 2010. [websida] Tillgänglig: <<http://www.vicon.se/geotextil.aspx>> [Besökt 2010-01-19].
- Vik N., Foss T., Riiber J., 2000. *Måldokument for Oslo golfklubbs bane (2000)*.
[internt dokument] Oslo: OGK.
- Wiklander, L., 1976. *Marklära*. Uppsala: SLU service.
- White. B., 2006. *Rebuild or resurface?* [elektroniskt dokument] Tillgänglig:
<<http://turfweb.lib.msu.edu>> [Besökt 2009-01-15]

Intervjuer och personliga meddelanden:

Dr. Stephen Baker (2009-03-25)

Head of Soils and Sports

Surface Science, STRI.

John Riiber (2008-02-20)

Headgreenkeeper/byggleder, OGK.

Martin Sternberg (2008-04-08)

Projektledare/ägare, MS Golf.

Niels Vik (2009-03-10)

Klubbdirektör, OGK.

Rickard Svedberg (2008-04-08)

Byggledare, MS Golf.

Simon Augustsson (2008-02-20)

Ingrowing headgreenkeeper

(ansvarig för etablering av grästäcke)

Andra bidragande:

Hampus Lundin

Greenkeeper, OGK

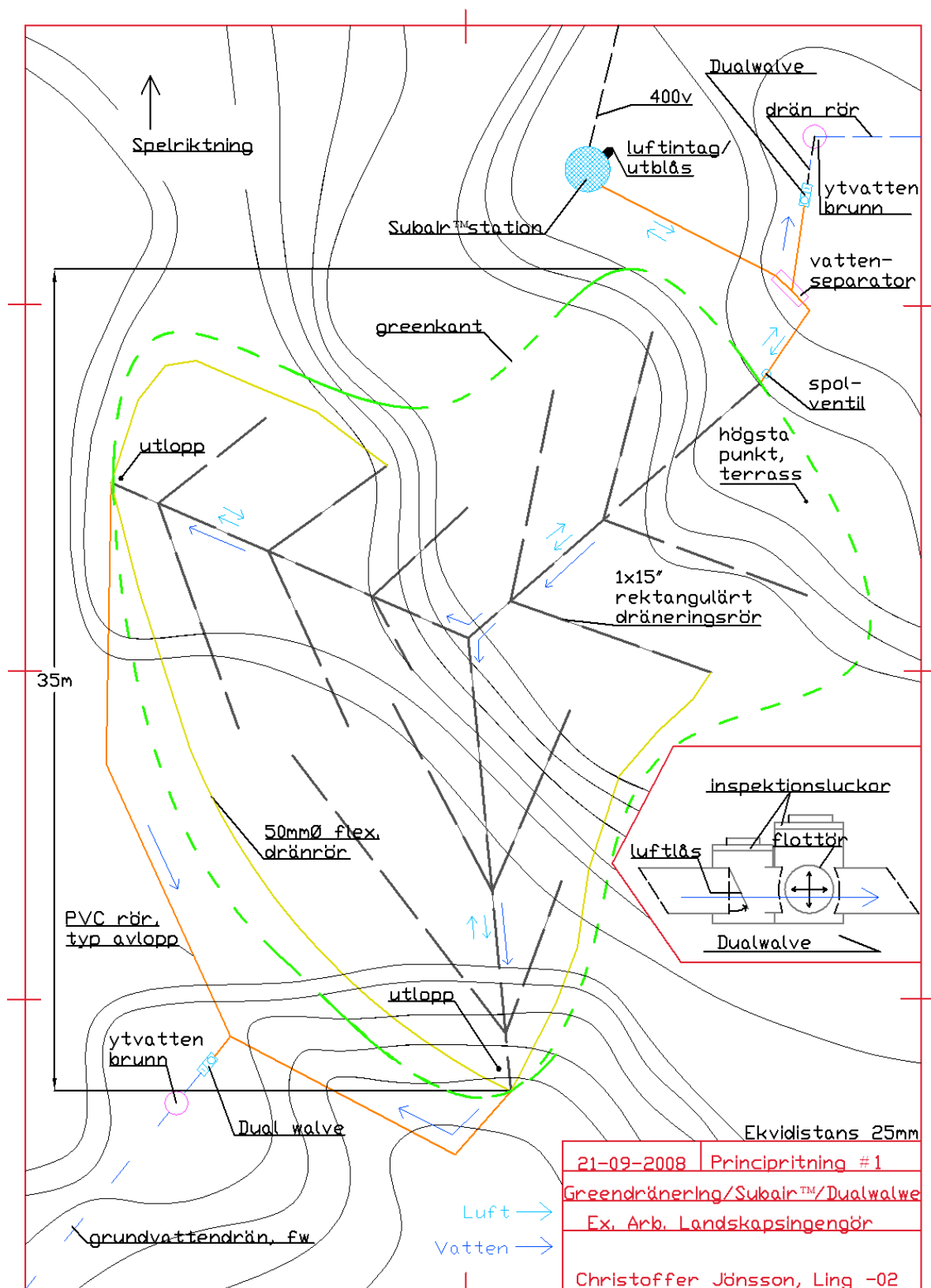
Jarle Haugness

Greenkeeper, OGK

Banguide: Kopierad med tillstånd av N. Vik, OGK. (2008-10-15)

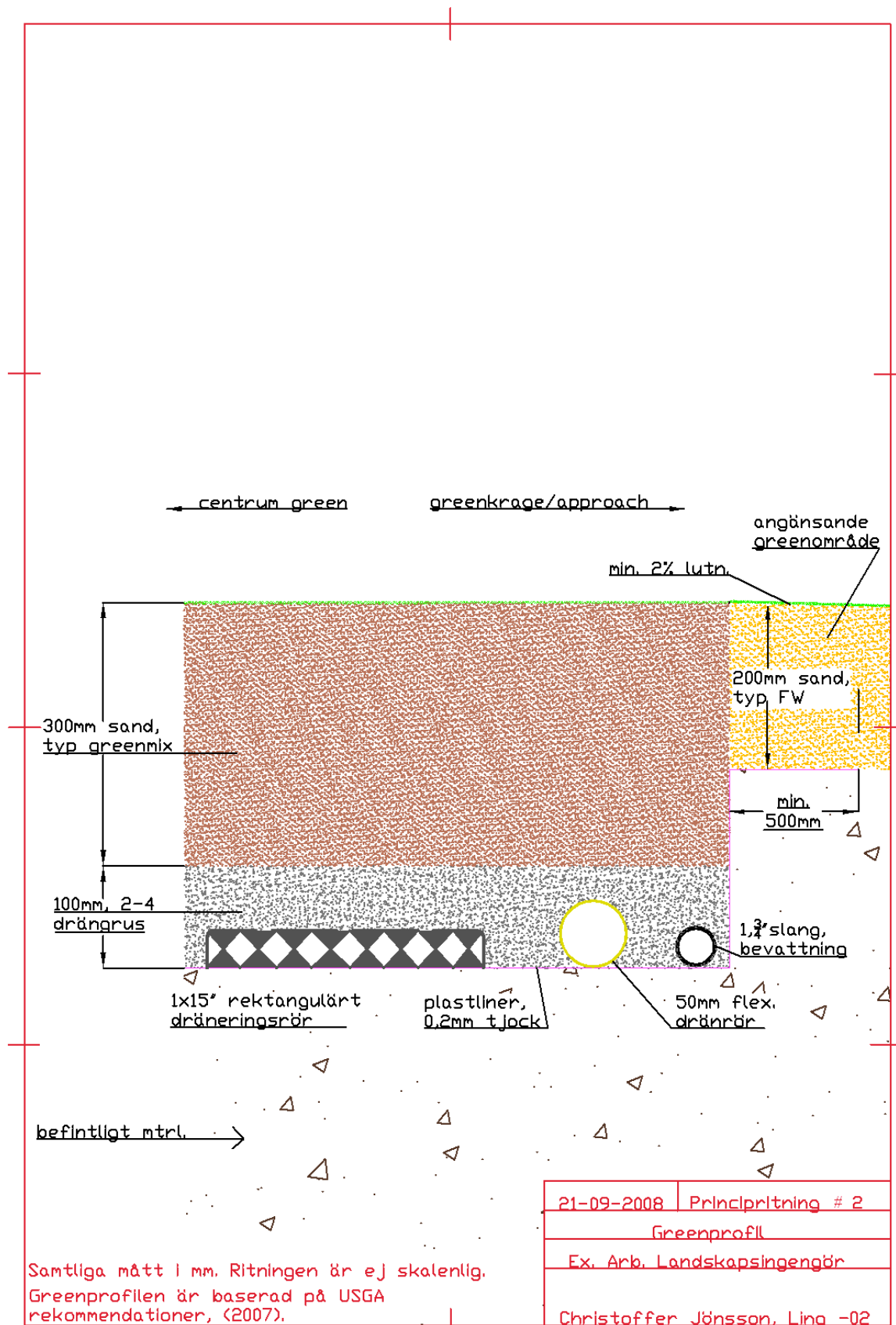
Illustrering av grundvattens/infiltrationsdränering (bilaga 6,7): Kopierad med tillstånd av J. Riiber, OGK. (2008-10-15)

Bilaga 1. Greendränering/SubAir-system



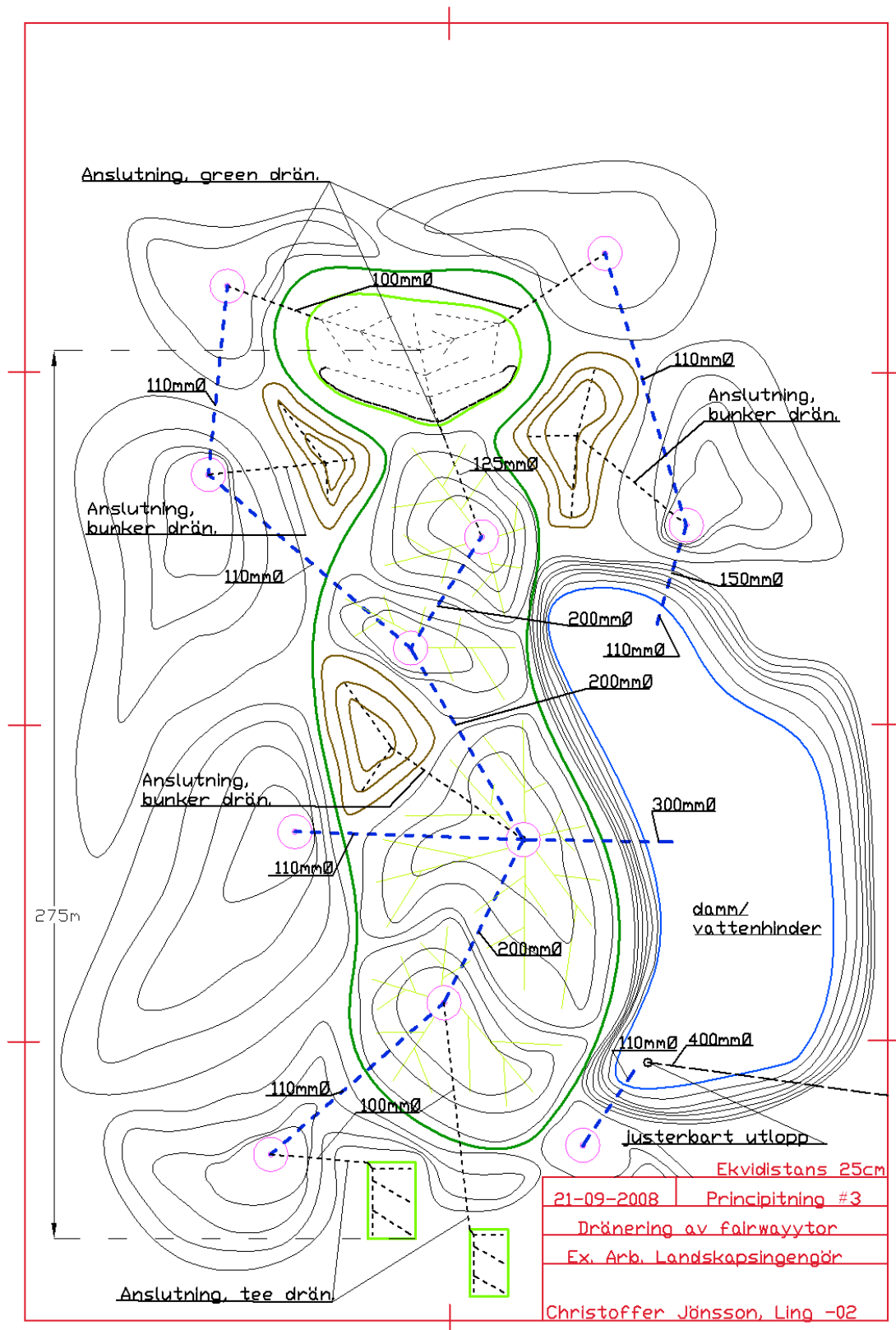
Bilaga 1. Tillämpad konstruktionstyp av greendränering, som är sammankopplad med SubAir-system och ytvattenbrunnar (C. Jönsson, 2009).

Bilaga 2. Greenprofil/Dual Valves



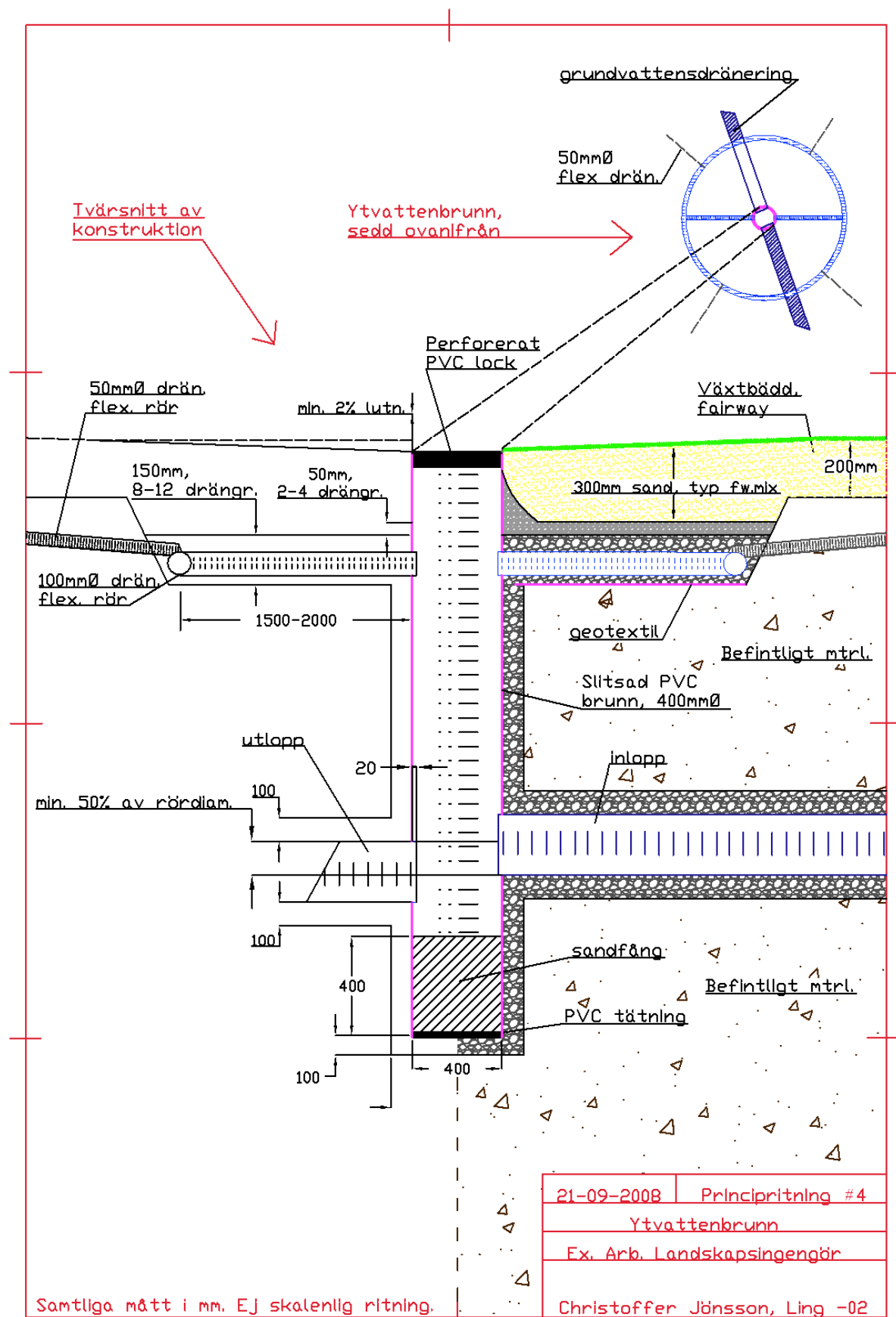
Bilaga 2. Beskrivning av tillämpad greenuppbyggnad, (C. Jönsson, 2009).

Bilaga 3. Fairwaydränering



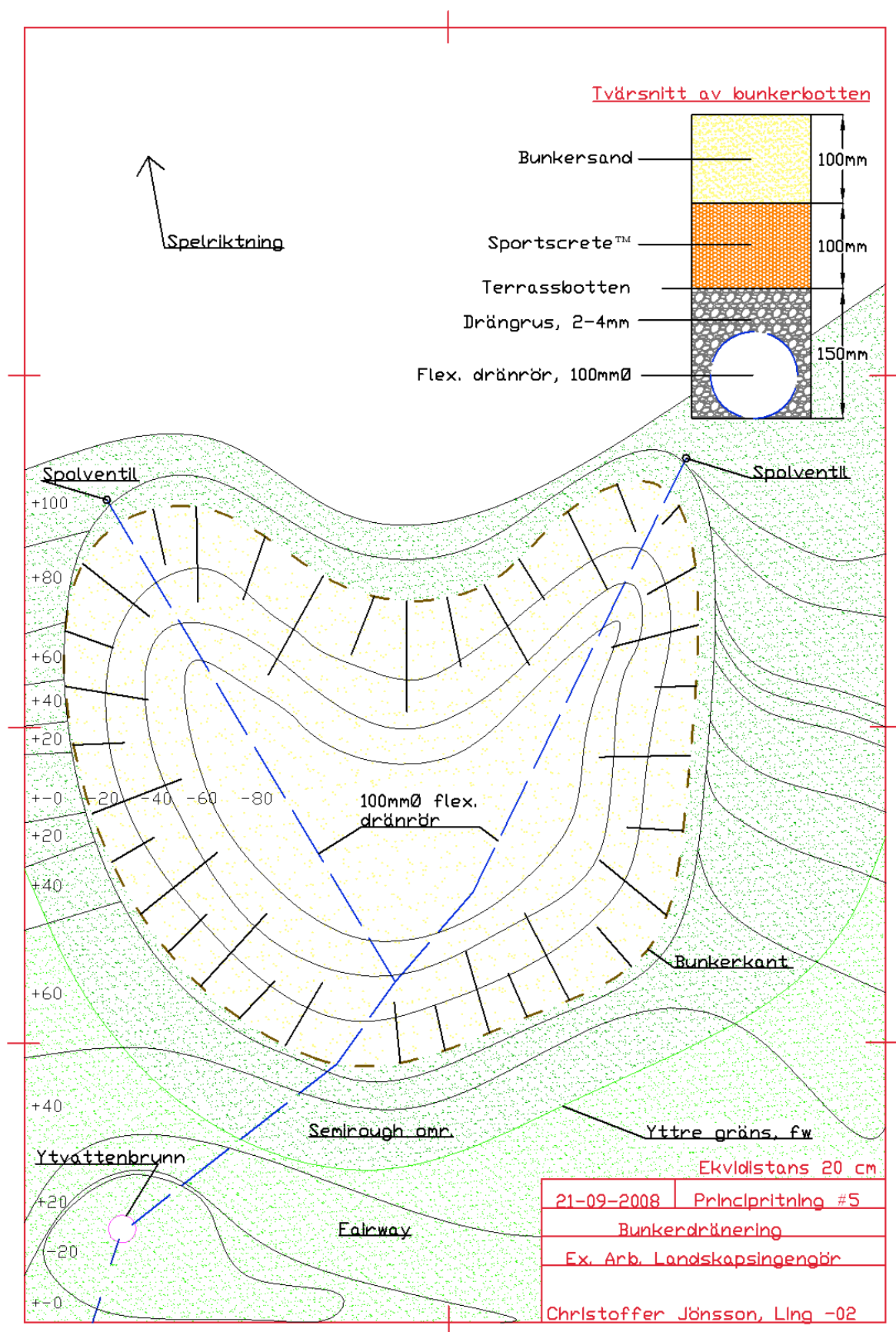
Bilaga 3. Illustrering av hur green, tee och bunkerdräneringar sammankopplats med grundvatten och infiltrationsdräneringen i fairway. Princip och utformning av separata tillrinningsområden mot ytvattenbrunnar i spelytorna synliggörs även här (C. Jönsson, 2009).

Bilaga 4. Ytvattenbrunn



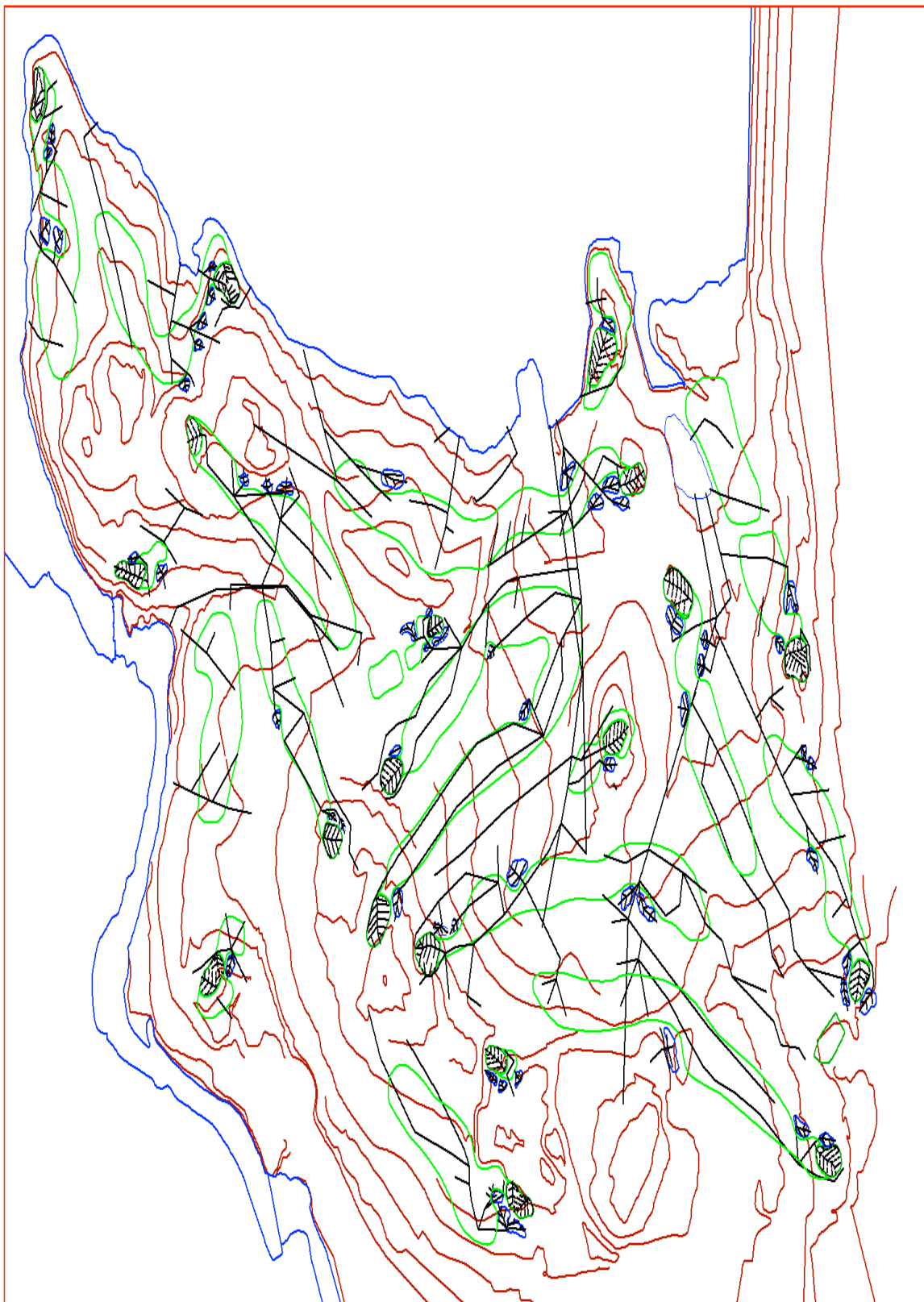
Bilaga 4. Tvärsnitt av tillämpad ytvattenbrunn, konstruktionsteknik, material och anslutning till omgivning/dränering (C. Jönsson, 2009).

Bilaga 5. Bunkerdränering



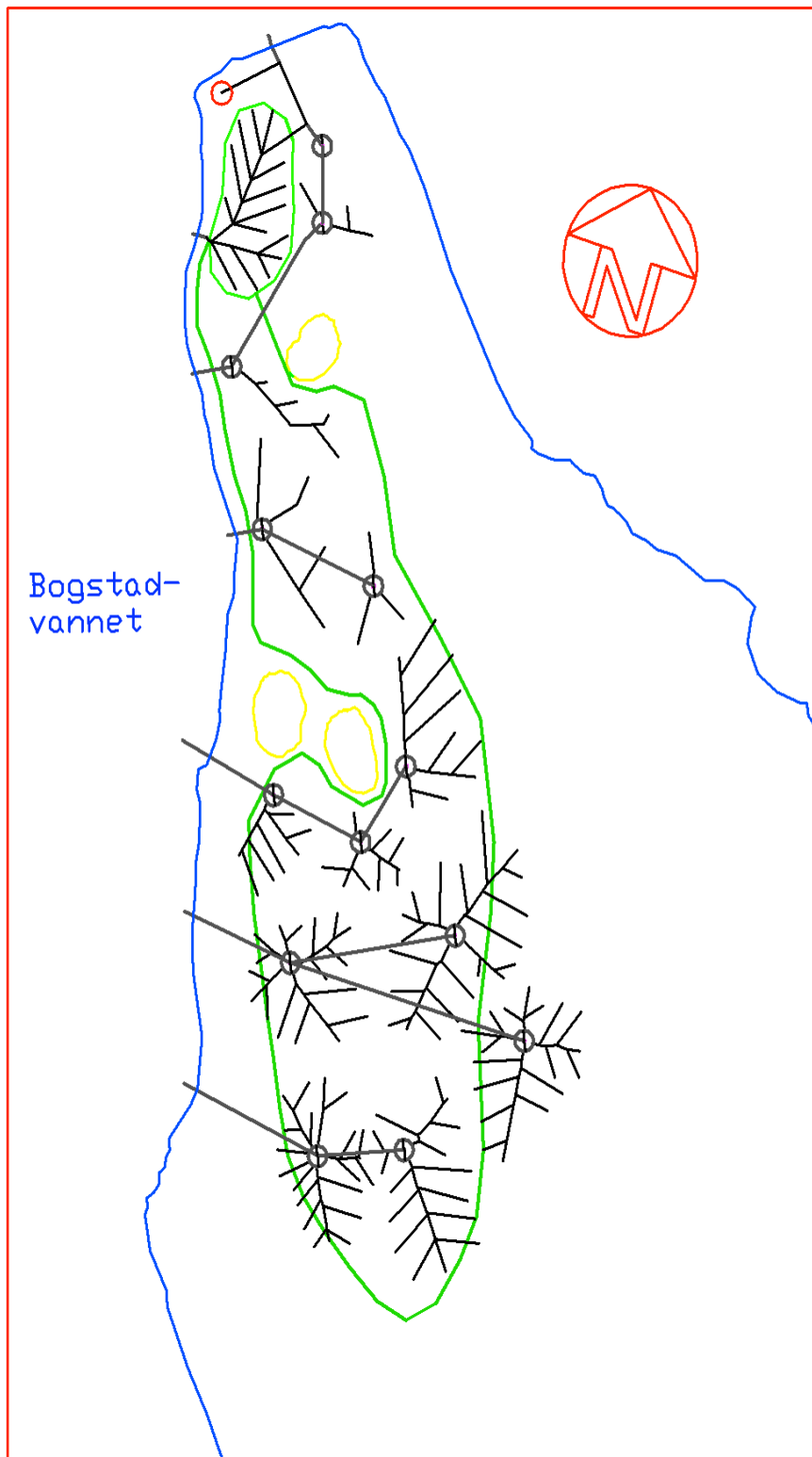
Bilaga 5. Beskrivning av tillämpad dräneringsteknik vid konstruktion av bunkrar på OGC (C. Jönsson, 2009).

Bilaga 6. Grundvattensdränering, OGK



Bilaga 6. Nyanlagd green och grundvattendränering på OGK. Grönmarkerat område är spelytor som dränerats. Svarta linjer illustrerar grundvattensdränering med dimensioner 110 – 300mmØ. Röda linjer illustrerar höjdförändringar i terrängen. (OGK, 2008-10-15)

Bilaga 7. Infiltrationsdränering, OGK



Bilaga 7. Illustration av hur en utav OGK:s fairway och greenyta dränerats med hjälp av en ytlig infiltrationsdränering som i sin tur sammankopplats med en grundvattensdränering och Subairsystem. Ritningen illustrerar inmätta dräneringar ifrån håll 13, där det även till viss del går att se tillrinningsområde till varje separat ytvattensbrunn. (OGK, 2008-10-15)